



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**PRODUÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM PIATÃ COM ADUBAÇÃO
ORGÂNICA E MINERAL E EMISSÕES DE CH₄ E N₂O**

SIRIO DOUGLAS DA SILVA DOS REIS

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de Concentração: Produção Animal.

Dourados - MS

Março - 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

SIRIO DOUGLAS DA SILVA DOS REIS

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior

Co-Orientadora: Profa. Dra. Michely Tomazi

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Área de Concentração: Produção Animal.

Dourados - MS

Março - 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R375p Reis, Sirio Douglas Da Silva Dos
PRODUÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM PIATÃ COM ADUBAÇÃO
ORGÂNICA E MINERAL E EMISSÕES DE CH₄ E N₂O / Sirio Douglas Da
Silva Dos Reis -- Dourados: UFGD, 2018.
66f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Marco Antonio Previdelli Orrico
Junior Co-orientador: Michely Tomazi

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias,
Universidade Federal da Grande Dourados.
Inclui bibliografia

1. Produção. 2. Gases do efeito estufa. 3. Adubações nitrogenadas. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo autor.

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

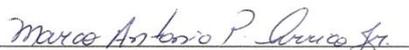
**PRODUÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM PIATÃ COM ADUBAÇÃO
ORGÂNICA E MINERAL E EMISSÕES DE CH₄ E N₂O**

por

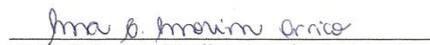
SIRIO DOUGLAS DA SILVA DOS REIS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM ZOOTECNIA

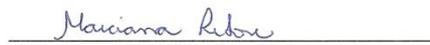
Aprovada em: 05/04/2018



Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Júnior
Orientador – UFGD/FCA



Dra. Ana Carolina Amorim Orrico
UFGD/FCA



Dra. Marciana Retore
EMBRAPA/CPAO

BIOGRAFIA DO AUTOR

Sirio Douglas da Silva dos Reis, filho de Sebastião Cavalcante dos Reis e Darlice da Silva dos Reis, nasceu na cidade de Codó – Maranhão, no dia 13 de março de 1989. Aos 21 anos de idade ingressou na Universidade Federal do Maranhão - UFMA, no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA no curso de Zootecnia, na cidade de Chapadinha – Maranhão, concluindo em dezembro de 2015. No ano de 2016 participou do seletivo para o Programa de Pós-graduação em Zootecnia no nível de mestrado da Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, obtendo aprovação, sob orientação do Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior, na área de concentração de Produção Animal, com início do ano letivo em 2016, foi bolsista CAPESs de abril de 2016 a março de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho as pessoas que mais amo neste mundo:

Minha mãe Darlice da Silva dos Reis, meu pai Sebastião Cavalcante dos Reis, e meus irmãos Suzy Dayana da Silva dos Reis, Sergio Danilo da Silva dos Reis e a minhas sobrinhas Sophia, Lia e Luna e a minha vó Constância (*in memorian*), por tudo que representam em minha vida, por serem meu alicerce nessa grande jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, a quem eu devo tudo o que sou e é o maior responsável pelos sucessos e vitórias da minha vida.

À minha mãe, Darlice, a quem eu devo, pois me ensinou muito, e exemplo de perseverança.

À ao meu pai, Sebastião, ao qual sempre foi um exemplo de competência para mim e em quem eu me espelho todos os dias.

Aos meus irmãos, Suzy e Sérgio, que sempre me apoiaram em todos os momentos, tanto nas horas boas como nas horas de dificuldades.

À Stéfane pela amizade e companheirismo.

À todos os amigos, em especial ao meu grande amigo Clésio, que mesmo que mesmo na distância fizeram presentes em todos os momentos.

Ao meu orientador Professor Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior pela a oportunidade, paciência, dedicação e conhecimentos repassados.

À minha Co-orientadora Profa. Dra. Michely Tomazi pela paciência e ensinamentos.

À Profa Dra Ana Amorim Orrico, pelo exemplo de profissional e disposição em ajudar.

Ao Grupo de Pesquisa em Manejo de Forragens e Resíduos Agropecuários, por todo auxílio prestado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e todos os professores que além de transmitir conhecimento contribuíram para que este sonho se realizasse.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e todo o corpo técnico, pela oportunidade e condições para a execução do experimento.

Muito obrigado!

“A certeza absoluta é para os ignorantes. A dúvida é que leva adiante.”
(Richard Dawkins)

Resumo: A adubação nitrogenada pode afetar a produção, crescimento e causar impactos ambientais como a emissão de gases de efeito estufa. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes fontes de fertilizantes (ureia, composto e biofertilizante) sobre a produção de forragem, características morfogênicas e estruturais de forragem e emissão de óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄). Quatro tratamentos foram avaliados (ureia, composto, biofertilizante e controle) em um delineamento blocos ao acaso com 6 repetições. As características de forragem avaliadas foram: produção de forragem, taxa de aparecimento foliar (TA_pF), filocrono (FILO), taxa de alongamento foliar (TA_lF) e do colmo (TA_lC), duração de vida da folha (DVF), comprimento final da folha (CFF) e número de perfilhos (N_{perf}). A emissão de GEE foi avaliada utilizando a metodologia de câmaras estáticas e determinação da concentração de gás por cromatografia gasosa. A produção de forragem foi afetada pelo tipo de fertilizante e estação sendo maior no tratamento ureia. As variáveis TA_pF, FILO, TA_lF e TA_lC foram influenciadas pelo tipo de adubo e estação aumentando com a adubação. As emissões de N₂O diferiram entre tratamento sendo 1.16, 0.46 e 0.20% para biofertilizante, ureia e composto respectivamente e a aplicação de composto estimulou a oxidação de CH₄. O biofertilizante e o composto podem ser utilizados como alternativa ao fertilizante sintético sendo que o composto apresenta maior potencial para mitigação das poluições nitrogenada.

Palavras chave: N₂O, CH₄, *Brachiaria brizantha*, meio ambiente.

Abstract: Nitrogen fertilization can affect production, growth and cause environmental impacts such as greenhouse gas emissions. The objective of this study was to evaluate the effect of different sources of fertilizer (urea compost and biofertilizer) on forage production, morphogenic and structural characteristics forage emission nitrous oxide (N₂O) and methane (CH₄). Four treatments were evaluated (urea, compost, biofertilizer and control) in a randomized block design with 6 replications. The forage characteristics evaluated were: forage yield, leaf appearance rate (TApF), phyllochron (FILO), leaf elongation rate (TAIF) and stem (TAIC), leaf life (DVF), final leaf length. leaf (CFF) and number of tillers (Nperf). GHG emission was evaluated using static chamber methodology and gas concentration determination by gas chromatography. Forage yield was affected by fertilizer type and season being higher in urea treatment. The variables TApF, FILO, TAIF and TAIC were influenced by fertilizer type and season increasing with fertilization. N₂O emissions differed between treatment being 1.16, 0.46 and 0.20% for biofertilizer, urea and compost respectively and application of compost stimulated CH₄ oxidation. Biofertilizer and compost can be used as an alternative to synthetic fertilizer and compost has greater potential for mitigating nitrogen pollution.

Key words: N₂O, CH₄, *Brachiaria brizantha*, environment.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE FIGURAS	13
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
CAPITULO I.....	17
REVISÃO DE LITERATURA	17
PRODUÇÃO DE RESÍDUOS	18
FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA	19
Braciachira brizantha cv. Piatã	20
CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS	21
BIODISPONIBILIDADE DO NITROGÊNIO EM FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA	25
EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS	25
CICLO DO NITRIGÊNIO E SUAS INTERAÇÕES COM O AMBIENTE.....	27
EMISSÃO E ABSORÇÃO DE CH ₄ EM SOLOS AGRÍCOLAS	29
OBJETIVOS.....	31
REFERÊNCIAS	32
CAPITULO II.....	38
A adubação orgânica é uma alternativa viável para reduzir as emissões de gases de efeito estufa em comparação com a adubação mineral?	39
Abstract:	40
Resumo:.....	40
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1 Local, clima e solo.....	44
2.2 Tratamentos e preparo dos tratamentos.....	44
2.3 Avaliação da emissão de gases de efeito estufa	45
2.5 Análise dos dados	47
3 RESULTADOS	48
3.1 Emissão de gases de efeito estufa	48
3.2 Características de forragem.....	48
4 DISCUSSÃO.....	51
4.1 Emissão de gases de efeito estufa	51
4.2 Características de forragem.....	53
4.3 Interação entre tratamentos, emissões de GHG e a produção de forragem	55
5 CONCLUSÕES.....	57
6 REFERÊNCIAS	58
7 APÊNDICE	62

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 2

Table 1. Variation of temperature throughout the experiment in the greenhouse	57
Table 2. Doses of the nitrogen fertilizers used in the experiment.....	58
Table 3. Morphogenetic and structural characteristics of Piatã grass fertilized with different types of fertilizer during different season.....	63

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

	Página
Figura 1. Ciclo biogeoquímico do nitrogênio.....	21

CAPITULO 2

Figure 1. Fluxes of N ₂ O and CH ₄ from soil cultivate with Piatã grass and fertilized with different types of fertilizer during different seasons.....	59
---	----

Figure 2. Cumulative N ₂ O and CH ₄ emissions, fator de emissão e relação produção de MS/emissão de N ₂ O (kg de MS. mg de N ₂ O-1. m-2) from soil cultivate with Piatã grass and fertilized with different types of fertilizer during different seasons. Means with diferente uppercase letters differ by Tukey test ($P < 0.05$).....	60
---	----

Figure 3. Dry matter production (DM) of Piatã grass fertilized with different types of fertilizer during different season. Effects of type of fertilizer ($P < 0.01$), season ($P < 0.01$), and interaction between type of fertilizer and season ($P < 0.01$) (SEM: 280.54). Means with different lowercase letters differ by Tukey test ($P < 0.05$) for season. Means with different uppercase letters differ by Tukey test ($P < 0.05$) for type of fertilizer.	61
--	----

Figure 4. Phyllochron, leaf appearance rate (LAR), leaf lifespam and number of live leaf of Piatã grass fertilized with different types of fertilizer during different season. Phyllochron: effects of type of fertilizer ($P < 0.01$), season ($P < 0.01$), and interaction between type of fertilizer and season ($P < 0.01$) (SEM: 0.634). LAR: effects of type of fertilizer ($P < 0.01$), season ($P < 0.01$), and interaction between type of fertilizer and season ($P < 0.01$) (SEM: 0.003). Leaf lifespam: effects of type of fertilizer ($P < 0.01$), season ($P < 0.01$), and interaction between type of fertilizer and season ($P < 0.01$) (SEM: 3.548). Number of live leaf: effects of type of fertilizer ($P < 0.01$), season ($P <$	
---	--

0.01), and interaction between type of fertilizer and season ($P = 0.03$) (SEM: 0.049). Means with different lowercase letters differ by Tukey test ($P < 0.05$) for season. Means with different uppercase letters differ by Tukey test ($P < 0.05$) for type of fertilizer.
.....62

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O aumento na taxa de emissão dos gases do efeito estufa (GEE) causado por atividades antrópicas tem como consequência uma série de alterações na paisagem terrestre e, mais recentemente, na atmosfera. O aumento dessas emissões tem como consequência o aquecimento global fenômeno que vem interferindo no comportamento do clima nos últimos anos.

Estima-se que a agricultura seja responsável pela emissão de 20% dos GEE. As emissões desses gases na agricultura são complexas e heterogêneas, mas podem ser reduzidas com a adoção de algumas práticas e ou tecnologias de mitigação.

A agricultura é responsável por 20% das emissões e que destadas áreas de pastagens possuem importante contribuição pois, elas abrigam cerca de 88% do plantel de bovinos do país. A associação entre pastagem degradada (baixo estoque de C) e bovinos em pastejo (principais colaboradores para emissão de CH_4) colocam a atividade como uma importante contribuinte para a emissão de GEE.

Para evitar a degradação das pastagens e aumentar o estoque de C, é de fundamental importância fornecer as plantas o aporte ideal dos nutrientes via adubação, sendo o nitrogênio o nutriente mais demandado pelas plantas forrageiras. No entanto, quando a adubação nitrogenada é aplicada em excesso (nitrogênio disponível no solo é maior do que o nitrogênio assimilável pelas plantas) pode haver, dependendo das condições do solo, a formação de N_2O que é um gás que contribui significativamente para o aquecimento global. Estudos conduzidos por Bouwman (1996) obtiveram respostas lineares positivas entre a quantidade de nitrogênio aplicado e as emissões N_2O do solo, chegando a uma proporção de 1,25 kg de N_2O para cada 100 kg de N aplicado no solo.

Uma das formas de reduzir a emissão de N_2O proveniente das adubações nitrogenadas seria a utilização de fontes de N que liberem o nitrogênio de maneira mais lenta, evitando assim o excesso de nitrogênio disponível no solo. A substituição de fertilizantes minerais por orgânicos podem reduzir as emissões GEE em pastagens, visto que, apenas uma parte do N presente nos adubos orgânicos estão prontamente disponíveis as plantas. Assim, a liberação do restante do N vai ocorrendo de maneira gradativa, o que reduz a possibilidade da formação do N_2O . No entanto, a adubação orgânica leva a um maior acúmulo de matéria orgânica no solo, a qual em condições de

anaerobiose (excesso de umidade) pode levar a um aumento da emissão de CH₄ (outro GEE) o que pode contrapor as vantagens da adubação orgânicas.

Desta forma, torna-se importante comparar os diferentes tipos de adubação de pastagens (mineral e orgânica) no que diz respeito às emissões de GEE, perdas por lixiviação, além das taxas de crescimento e produtividade das pastagens. Para isso, essa dissertação foi dividida em dois capítulos, sendo o Capítulo 1 uma revisão de literatura sobre o assunto a ser estudado e o Capítulo 2 um artigo científico redigido segundo as normas da revista “Grass and Forage Science”.

CAPITULO I
REVISÃO DE LITERATURA

PRODUÇÃO DE RESÍDUOS

Há um constante crescimento do consumo de alimentos no cenário mundial, o que desperta uma maior consciência coletiva para a necessidade de aumento da produção, de forma que supra a demanda, e ainda reduzindo os impactos nocivos causados ao meio ambiente (HOFFMANN et al. 2014).

Há expectativas que aumente ainda mais a produção e a demanda ainda nos próximos anos. O Brasil vem aumentando cada vez mais a produção para atender tanto o mercado interno, quanto o mercado externo (HOFFMANN et al. 2013), possuindo destaque em diversas atividades na pecuária, como bovinocultura, avicultura e suinocultura. Em decorrência do aumento da produção, ocorre também aumento dos resíduos gerados na agricultura (FERREIRA, 2014).

Segundo a EMBRAPA (2013), os dejetos devem ser usados como adubação orgânica desde que tratados de forma correta, respeitando os limites impostos pelo solo, água e planta e não sendo possível a utilização, existe a necessidade de o tratamento adequado dos mesmos.

A aplicação dos resíduos diretamente no solo, sem tratamento e de maneira indiscriminada pode causar várias consequências ao meio ambiente, dentre elas, a fertilização excessiva do solo, com alto teor de nutrientes, principalmente os inorgânicos como o nitrogênio e o fosforo, que podem ser escoados e contaminar os lençóis freáticos e eutrofização de águas superficiais (SINGH et al., 2014).

Akanni e Benson (2014) avaliaram a influência do descarte de resíduos de aves de postura sem os devidos tratamentos, na saúde das pessoas das unidades produtoras de dejetos e moradores das proximidades, foi observado muitos casos em que pessoas sofreram de náuseas e malária. Fatos esses atribuídos a poluição da água e do solo pelos descartes dos resíduos sem prévio tratamento.

Segundo Serafim et al (2007) os resíduos de origem animal constituem elevada proporção de biomassa e sua utilização em sistemas de reciclagem é de extrema importância sob aspectos econômicos e ambientais. E quando manejado de forma inadequado, os resíduos atuam frequentemente como vetor de doenças e fonte de contaminação do solo (QUADROS et al., 2010)

Dentre as técnicas de reciclagem, a biodigestão e a compostagem merecem destaque. A biodigestão tem capacidade de tratamento da matéria orgânica e posterior transformação em biogás e biofertilizante, mas os rendimentos em produções de biogás

estão relacionados com a qualidade da dieta ofertada aos animais (ORRICO JUNIOR et al., 2010). Entretanto, o desempenho do processo de digestão anaeróbia pode ser influenciado pela temperatura, atuando sobre o crescimento microbiano e reações químicas que volatizam alguns compostos (CHAE et al., 2008), Segundo Ortiz et al., (2014) outro fator que influencia é o pH, que é um fator-chave responsável por formar e caracterizar os ácidos graxos voláteis e equilíbrio na liberação de amônia.

A compostagem é uma técnica amplamente aplicada para a reciclagem de resíduos orgânicos, assegurando a estabilização da matéria orgânica e a reciclagem do material (JINDO et al., 2012). Para Kiehl (2002) a técnica da compostagem incide sobre a transformação biológica dos resíduos orgânicos em condições aeróbias, por meios da ação de microrganismos específicos para se obter como produto final o composto orgânico. Durante o processo, microrganismos oxidam carbono utilizando oxigênio do ambiente, liberando CO₂, água e calor (KULCU, 2016).

FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA

A utilização de resíduos orgânicos em atividade agrícolas tem se tornado uma alternativa, pois pode proporcionar aumento na produtividade e reduzindo custos com fertilizantes químicos (OLIVEIRA et al., 2014). Além do mais, o uso frequente de fertilizantes orgânicos, proporciona uma melhora considerável nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, propiciando maior infiltração e retenção de água e maior aeração no solo (SIMONETTI et al., 2016).

Segundo Zalidis (2002) a aplicação de fertilizantes orgânicos, é considerada uma boa prática agrícola. A utilização de fertilizantes orgânicos fornece ao solo não somente nitrogênio, mas também carbono orgânico e micronutrientes essenciais para o crescimento da planta.

Os fertilizantes orgânicos, uma vez no solo, passam por um processo de mineralização para que os nutrientes contidos sejam liberados as plantas. Portanto a velocidade da mineralização depende da natureza do resíduo, do tamanho da partícula e das condições ambientais (SANCHEZ et al., 1997).

Quando são aplicados fertilizantes orgânicos (biofertilizantes e compostos orgânicos) ocorre uma maior disponibilidade dos nutrientes para as plantas pois os processos de tratamento maximizam a mineralização (KIEHL, 1985). Por outro lado, a adição de resíduos não tratados (teor elevado de matéria orgânica biodegradável) pode

estimular o processo de desnitrificação e conseqüentemente as emissões de óxidos de nitrogênio. Isto ocorre, pois, o maior aporte de carbono orgânico no solo proporciona um maior crescimento microbiano, que por sua vez provoca um aumento no consumo de oxigênio presente no solo. O maior consumo do oxigênio do solo proporciona áreas anaeróbias nas quais favorecem o processo de desnitrificação (CANGANI et al. 2016).

Vários autores tem apresentado resultados positivos da utilização de compostos orgânicos e biofertilizantes na adubação de pastagens. Orrico Junior et al. (2013) avaliaram a produtividade do capim Piatã e observaram elevadas produções utilizando o composto orgânico (proveniente de cama de aviário) na adubação. Em outro ensaio realizado por Orrico Junior et al. (2012) utilizaram biofertilizante de dejetos de bovinos e suínos na adubação do capim Piatã em diferentes dosagens (100, 200 e 300 kg N ha⁻¹ corte⁻¹). A maior produtividade foi observada para a maior dose utilizada.

***Brachiaria brizantha* cv. Piatã**

Segundo Monteiro et al., (1995) várias espécies de forrageira tropicais, apresentam características favoráveis a formação de pastagens. Isso acontece em decorrência da facilidade de adaptação as variadas condições ambientais e de manejo a qual são submetidas, sendo que os capins do gênero *Brachiaria* tem se destacado em relação as demais.

A *Brachiaria brizantha* cv. Piatã lançado pela Embrapa Gado de Corte no ano de 2007, veio como uma opção de forrageira que visa atender as necessidades dos produtores além de diversificar as pastagens. O nome dado é de origem tupi guarani e tem o significado de fortaleza devido suas características de produtividade e robustez.

Apresentando crescimento cespitoso de porte médio, com altura que varia de 0,85 a 1,10 metros, com colmos verdes e finos. As bainhas apresentam pouca pilosidade e a lâmina foliar é glabra, medindo até 45 cm de comprimento e 1,8 cm de largura. Apresenta lâmina foliar áspera e face superior com bordas serrilhadas e cortantes, com perfilhamento aéreo, e sua inflorescência apresenta até 12 ramificações, o que a diferencia das demais cultivares, desancando-se pelo alto valor nutritivo, taxa de crescimento e rebrota (CNPGC, EMBRAPA 2013). Além de apresentar potencial para ser utilizada no outono-inverno, em sistema de integração lavoura-pecuária, para a produção de forragem e de palhada (SANTOS et al. 2011).

Ainda segundo CNPGC (2008) o capim Piatã apresenta produção de massa cerca de 9,5 t/ha ao ano. Valle et al. (2007) relata que o capim Piatã apresenta maior acúmulos de folhas que o capim Xaraés e Marandu, e apesar de apresentar menor produção forrageira em relação ao capim Xaraés, apresenta colmos mais fino facilitando o manejo na época seca.

Euclides et al. (2009) avaliaram o desempenho de novilhos por três anos em três genótipos de *Brachiaria brizantha*. (Xaraés, Piatã e Marandu) e na primeira seca observaram maior ganho médio diário nos animais que pastejaram o capim Piatã, nas outras duas secas não obtiveram diferenças significativas, já nas águas o capim Piatã obteve melhores resultados que o capim Xaraés no primeiro e no terceiro ano e não diferiu do capim Marandu.

CARACTERÍSTICAS MORFOGÊNICAS E ESTRUTURAIS

A perenidade das espécies forrageiras, devido a capacidade de rebrotação após pastejos ou cortes sucessivos, ou seja, a capacidade e gerar novos perfilhos que lhe permitam sobreviver através de formação de uma nova área foliar. Portanto, o conhecimento da dinâmica de aparecimento de perfilhos após pastejo ou cortes é de extrema importância para que seja realizado o manejo de diversas espécies forrageiras.

Para Lemaire e Agnusdei (2000), a dinâmica de tecidos nas plantas forrageiras está relacionada ao processo de formação de folhas, determinado pela morfogênese. Chapman e Lemaire (1996) definiram a morfogênese de plantas como a dinâmica de geração e expansão de partes de plantas no espaço, podendo ser descritas em termos de taxas de aparecimento de novos órgãos (organogênese) e taxa de expansão senescência e decomposição de tecidos. Características estas que são determinadas geneticamente, mas podem ser modificadas devido as variações do ambiente, fertilidade do solo, disponibilidade de água, manejo de desfolhação, entre outros fatores (MAZZATTI, 1997).

Segundo Chapman e Lemaire (1993) a morfogênese de gramíneas forrageiras durante o estado vegetativo, em que folhas são produzidas continuamente, é em decorrência de três características principais: taxa de aparecimento foliar (TApF), taxa

de alongamento foliar (TAIF) e duração de vida da folha (DVF), denominadas características morfogênicas. As junções dessas três características morfogênicas determinam as três características principais do relvado: comprimento de folhas, densidade de perfilhos e números de folhas vivas, que determinam quando atuam juntos e condicionados pelo manejo o índice de área foliar do relvado (CHAPMAN; LEMAIRE, 1993).

Outra característica morfogênica importante em plantas tropicais, principalmente em gramíneas com crescimento ereto, é o alongamento do colmo que incrementa o rendimento forrageiro, no entanto, influencia na estrutura do dossel, o que compromete uma maior eficiência de pastejo em virtude de alterações na relação lâmina foliar: colmo. Essa característica também influencia diretamente sobre o aparecimento foliar e comprimento final folha em virtude do aumento do percurso da folha dentro do pseudocolmo (SBRISSIA & DA SILVA, 2001).

Segundo Wilhelm (1995) a taxa de aparecimento foliar (TApF), é expressa em números de folhas surgidas por perfilho por unidade de tempo. Por outro lado, o filocrono é definido como o tempo (dias) para aparecimento de duas folhas sucessivas no perfilho, ou seja, o inverso da taxa de aparecimento foliar.

A taxa de aparecimento foliar é a principal características da morfogênese, pois influência de forma direta no principais componentes estruturais do dossel (LEMAIRE & CHAPMAN 1996), possuindo assim papel central na morfogênese por ter influência direta no componentes estruturais como densidade populacional de perfilhos e números de folhas por perfilho e conseqüentemente no índice de área foliar (IAF), portanto, de grande importância para o maior acúmulo de forragem com quantidade e uso eficiente do pasto.

A taxa de aparecimento foliar pode ser influenciada por fatores intrínsecos a plantas, ou por manejo como cortes e pastejos sucessivos. Segundo Skinner e Nelson (1994) após pastejos ou cortes severos há uma tendência em diminuir a taxa de aparecimento foliar na rebrotação seguinte, devido a um aumento no comprimento da bainha das folhas sucessivas, que tem como consequência uma maior duração de tempo para que surjam novas folhas.

Gomide (2000) relata que essa variável tem forte influência por mudanças de temperatura. Mudanças na qualidade da luz, disponibilidade hídrica, adubação

nitrogenada, estágio de crescimento e o manejo adotado também influenciam diretamente.

O inverso da taxa de aparecimento foliar determina o filocrono, que apesar de ser constante para um determinado genótipo, em ambiente determinado, variações dentro de uma mesma espécie são possíveis (NABINGER, 1997).

Para Freitas (2000), a taxa de alongamento foliar é uma medida de grande importância para o fluxo de biomassa, que representa o aumento diário no comprimento de folhas individuais, está variável e é expressa em uma unidade de medida por uma unidade de tempo. Quando o alongamento da lâmina foliar cessa com a diferenciação da lígula, o alongamento da bainha cessa com a exposição da lígula. Segundo Horst et al., (1978) a taxa de alongamento foliar correlaciona-se positivamente com o rendimento forrageiro e rendimento por perfilho, porém, negativamente com o número de perfilho por planta.

Para Sbrissia & da Silva (2001), gramíneas tropicais, com crescimento ereto, existe outro componente importante do crescimento que interfere significativamente na estrutura do pasto e no processo de competição por luz, a taxa de alongamento do colmo (TAIC). A maior produção de colmo, tem como consequência uma maior produtividade de matéria seca, mas, influência na estrutura do dorsel, ocasionando assim uma redução na relação lâmina foliar:colmo, acarretando em baixo desempenho animal em pastejo (EUCLIDES, 2009).

Outro efeito negativo em que a taxa do alongamento do colmo tem influência, é sobre a taxa de aparecimento foliar, que reduz, de acordo com o tamanho do colmo, pois quanto maior, maior será o percurso da lâmina foliar para emergir do pseudocolmo.

Segundo Lemaire (1997) a duração de vida da folha é definida pelo tempo entre o surgimento de uma folha e o início de sua senescência. Sendo definida também, como o período em que há acúmulo de folhas no perfilho sem que seja detectada perda por senescência.

A duração de vida da folha é influenciada por fatores ambientais, como a temperatura, da mesma forma que a taxa de aparecimento foliar. Desta forma, quando um perfilho atinge o número máximo de folhas, passa haver equilíbrio entre a taxa de

aparecimento e a senescência das folhas que já passou o seu período de duração de vida (NABINGER; PONTES, 2001).

Para Oliveira (2005) o conhecimento desta variável é de grande importância para o manejo de pastagens, pois indica o potencial de rendimento da espécie, ou seja, máxima quantidade de material vivo por área, e assim fator determinante para a frequência e intensidade de pastejo.

Para Nabinger & Pontes (2001) o comprimento final da folha é determinado pela relação entre a taxa de aparecimento foliar e taxa de alongamento foliar, em um dado genótipo, o período de alongamento de uma folha é fração constante do intervalo entre o aparecimento de folhas sucessivas. Há uma correlação positiva entre a taxa de alongamento foliar e comprimento final da folha, folhas de menor tamanho são associadas a valores elevados de taxa de aparecimento foliar.

O comprimento da bainha influencia no comprimento final da folha, ou seja, quanto maior o comprimento da bainha, maior será a multiplicação de células, que terá como consequência um maior comprimento final da folha (DURU & DUCROCQ, 2000).

O comprimento da lâmina foliar é uma variável vegetal plástica responsiva à intensidade de desfolhação, considerada pelos autores como estratégia de escape capaz de conferir as plantas vários graus de pastejo. Assim, a mensuração e análise pode auxiliar a identificação das diferentes respostas morfofisiológicas desencadeadas pelas plantas em resposta a forma como os fatores abióticos interagem entre si.

Segundo Chapman & Lemaire (1996) esta característica estrutural é o produto entre a duração de vida da folha e a taxa de aparecimento foliar, por isso, qualquer mudança que afete essas características, afetará diretamente essa variável. Essa variável é uma característica genotípica relativamente estável na ausência de deficiências hídricas ou nutricionais.

Hodgson (1990) relata que em determinado momento, para cada folha que senesce, surge uma nova folha. Esse mecanismo existe em decorrência do tempo limitado de vida da folha, que é determinado por características genéticas e influenciado por condições de clima e manejo.

BIODISPONIBILIDADE DO NITROGÊNIO EM FERTILIZAÇÃO ORGÂNICA

A fertilidade do solo contribui para o sucesso da produção forrageira, e em especial quando se almeja alcançar sustentabilidade em exploração intensiva de forragem (VELOSO, 2012). No entanto, a aplicação de nutrientes em quantidades, proporções e períodos adequados, principalmente o nitrogênio, torna-se uma prática fundamental quando se pretende aumentar a produção.

Sendo assim, para que possa haver a absorção do nitrogênio do solo pela planta, é necessário que ele esteja em sua forma inorgânica (NO^{-3} e NH^{4+}), mas nem sempre todos o nitrogênio presente em um fertilizante estará disponível para as plantas. O que pode ser observado nos fertilizantes orgânicos, onde o nitrogênio presente deve passar por uma mineralização para se tornar disponível para a planta, mas esse processo é influenciado por fatores como textura do solo, temperatura, umidade e relação C:N que é responsável pela grande variação da disponibilidade de nitrogênio nos fertilizantes orgânicos (BOWDEN et al. 2007).

Sasaki et al. (2003) ao estudarem efeito de diversas relação C:N, observaram que baixas relações entre 5 e 15:1, limitam o substrato energético disponível para a ação dos microrganismos, diminuindo a eficiência de degradação do material orgânico, havendo perdas significativas de nitrogênio na forma de amônia. Por outro lado, em relações elevadas, acima de 50:1 apresentam baixa disponibilidade de nitrogênio. Melhores resultados são encontrados com relações entre 20 e 40:1. Em geral, materiais orgânicos com baixa relação C:N e elevados teores de nitrogênio, incorporam o nitrogênio na biomassa microbiana e substâncias húmicas retardando a liberação do nitrogênio no solo (SIKORA & SZMIDT, 2001).

A forma de liberação do nitrogênio presente nos fertilizantes orgânicos, pode ser interessante, evitando as perdas de nitrogênio por lixiviação que podem ocorrer quando as plantas estão nos estádios iniciais se seu desenvolvimento devido a sua menor exigência. A liberação gradual, pode ao longo do tempo, equilibrar o sistema e proporcionar bons resultados principalmente para as culturas perenes, como as pastagens.

EMIÇÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O efeito estufa é um mecanismo natural que ocorre devido às concentrações dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. A energia solar de comprimento de onda curta ultrapassa a atmosfera terrestre sem interação com os GEE presentes nessa camada. Ao atingir a superfície terrestre, a energia é refletida e volta para a atmosfera com um comprimento de onda mais longo (infravermelho), que interage parcialmente com os GEE nessa camada. Parte dessa radiação é absorvida na atmosfera e tem como consequência o aumento da temperatura média do ar. Essa interação faz com que a temperatura média da atmosfera terrestre seja de 15°C, promovendo o chamado efeito estufa natural, essencial para a existência da vida no planeta. Caso não houvesse esses gases na atmosfera, a temperatura média seria de 33°C menor, ou seja, -18°C, inviabilizando a vida atualmente existente (CARVALHO et al., 2010).

Entretanto, a queima de combustíveis fósseis, o manejo incorreto do solo e o aumento na produção de resíduos, tem propiciado dos GEE e consequentemente a elevação da temperatura ambiental. A primeira vez em que foi medida a intensificação do efeito estufa foi em meados de 2000, quando estudos relataram mudanças no espectro da radiação que escapa da atmosfera para o espaço. Segundo Baird (2002) quando comparados os dados obtidos por dois satélites com diferenças de 27 anos, foi observado que menos radiação está escapando para o espaço nas frequências que coincidem com aquelas dos principais GEE produzidos pelo homem, ou seja, maior quantidade de calor está sendo armazenada na terra ao longo dos anos.

Desde a revolução industrial houve um aumento significativo nas concentrações de GEE na atmosfera provocando um aumento de 0,6°C na temperatura do planeta (IPCC, 2001). Informações científicas indicam que as concentrações GEE estão aumentando de forma contínua e constante na atmosfera (SALATI et al., 1999). Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas (IPCC, 2007) houve um aumento nas concentrações dos GEE, entre a era pré-industrial e nos anos recentes de 280 ppm para 360 ppm de CO₂, 0,8 ppb para 1,74 ppb de CH₄ e 288 ppb para 311 ppb de N₂O (IPCC, 2007).

Os principais GEE provenientes das emissões antrópicas relacionadas a agricultura são: CO₂, CH₄ e N₂O. Segundo o IPCC (2007), a agricultura contribui com 25%, 65% e 90% do total de gases oriundos de atividades antropogênicas de CO₂, CH₄ e N₂O respectivamente. Alguns outros gases, como monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos são menos importantes

do ponto de vista quantitativo. Na agricultura, há várias práticas agrícolas que contribuem para as emissões de gases do efeito estufa como: o cultivo dos solos, uso de fertilizantes minerais, fermentação entérica dos ruminantes, emissões provenientes dos efluentes da agropecuária e queima da biomassa.

O solo quando preparado intensivamente com uso de grades e arados, apresenta uma redução nos teores de C, isso em detrimento ao aumento da taxa de mineralização da matéria orgânica, sendo assim fontes diretas de emissão de CO₂. Segundo Escobar (2010) emissões de N₂O estão relacionados com a dinâmica do nitrogênio no solo, que é influenciada diretamente pela adubação nitrogenada e também pelo uso de plantas como cobertura de solo, além de dejetos de animais (ALLEN et al., 2010). Apesar das emissões de CH₄ e N₂O serem em menores quantidades estas apresentam um potencial de aquecimento global de 25 e 296 vezes superiores ao CO₂ respectivamente (IPCC, 2007).

As emissões de CH₄ são observadas em quantidades mais relevantes em solo compactados ou alagados, aonde será produzido quando a matéria orgânica for decomposta em condições anaeróbias (Costa et al., 2005).

CICLO DO NITRIGÊNIO E SUAS INTERAÇÕES COM O AMBIENTE

O ciclo do nitrogênio é bastante complexo pois o nitrogênio sofre alterações na sua valência e no seu estado. Essas alterações, geralmente ocorrem por ações microbianas que são dependentes de fatores inerentes ao solo e ao clima (Figura 2). (CANTARELLA, 2007)

O nitrogênio quando não aproveitado de maneira satisfatória pela planta pode ser perdido para o ambiente na forma de nitrato por lixiviação ou emitido para a atmosfera na amônia ou óxido nitroso. Segundo Cantarella (2007) o nitrogênio tem recebido atenção especial nos últimos anos, sendo fundamental o estudo de forma que minimizem ao máximo as perdas deste nutriente durante as fertilizações.

Há dois processos que são responsáveis pelas perdas do nitrogênio aplicado no solo, a nitrificação e desnitrificação. Onde define-se como nitrificação a oxidação biológica em que o NH₄⁺ é convertido a NO₃⁻, em condições anaeróbias, por micro-

organismos do solo. O processo de nitrificação divide-se em duas fases, sendo que durante a primeira fase ocorre a formação de nitrito oriundo das atividades de bactérias do gênero *Nitrossomas* e na segunda ocorre a formação de nitrato por ação das bactérias do gênero *Nitrobacter*.

Segundo Myrold (1998), a primeira fase da nitrificação pode ser devida a outras duas fases, sendo que na primeira ocorre uma transformação da amônia em hidroxalamina por meio da ação da enzima amônia mono-oxigenase. Na segunda fase, acontecem vários processos que resultam na transformação da hidroxalamina em nitrito por ação da enzima hidroxalamina oxireductase.

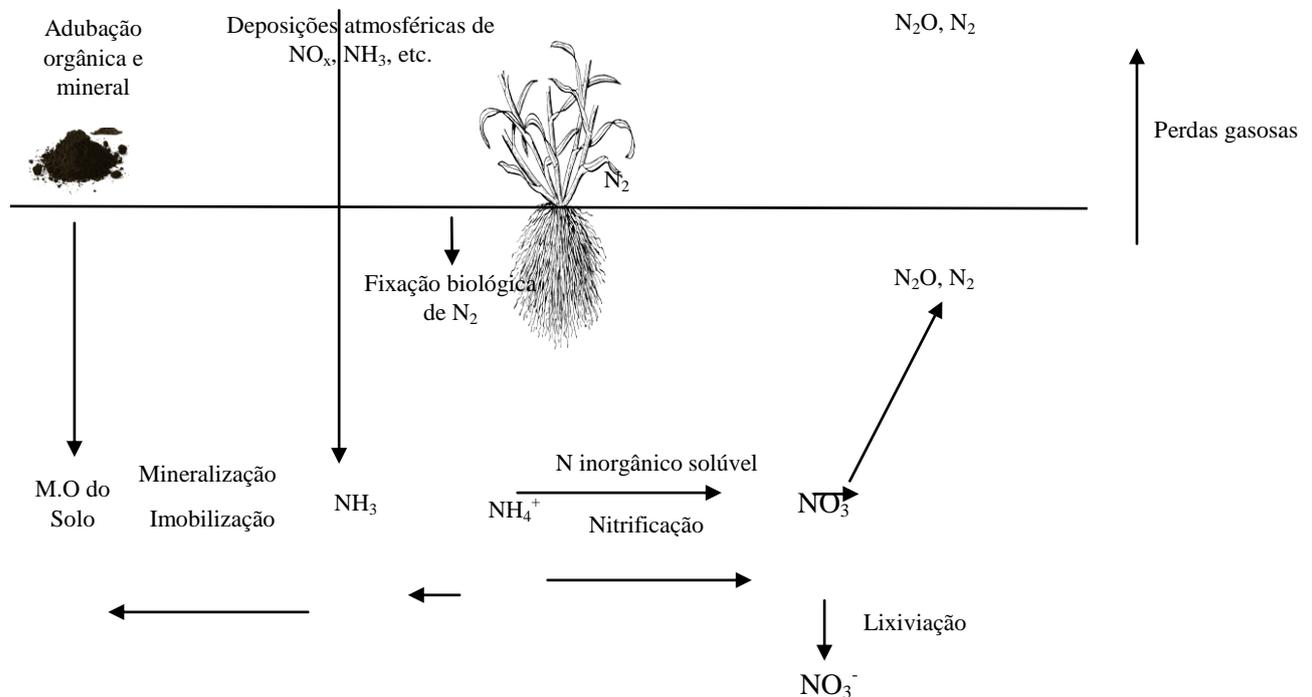


Figura 1. Ciclo biogeoquímico do nitrogênio. Adaptado de CANTARELLA (2007).

Durante a segunda fase da nitrificação, ocorre a oxidação do nitrito a nitrato, que é realizada apenas em uma etapa, por intermédio da enzima nitrito oxireductase. Sahrawat (2008) pesquisando sobre os diversos fatores químicos e ambientais que afetam a nitrificação no solo, concluiu que o conteúdo de íon amônio e relação C/N da matéria orgânica do solo, características do solo e presença de vários elementos, aeração, umidade, Ph, textura e temperatura do solo, os principais fatores que impactam na ocorrência natural da nitrificação. O conhecimento desses fatores e a interação entre

eles, permite o desenvolvimento de tecnologias visando a regulação desse processo nos solos.

Desnitrificação é o processo de redução do NO_3^- a NO_2^- e nitrogênio molecular. Existem dois tipos de nitrificação, a química e a biológica, sendo a biológica de maior importância. A desnitrificação biológica ocorre através da atividade de microrganismo aeróbio facultativos, como as bactérias heterotróficas dos gêneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Propionibacterium* que em condições de baixo oxigênio, utilizam esses compostos como aceptores de elétrons (FIRESTONE, 1982).

Segundo Hochstein e Tomlison (1988) estes microrganismos são predominantes anaeróbios facultativos que podem utilizar o NO_3^- como receptor de elétrons em vez de O_2 . As enzimas que catalisam essas reações são nitrato-redutase, nitrito-redutase, óxido nítrico-redutase e óxido nitroso-redutase. Durante essas reações aparecem como intermediários óxidos de nitrogênio (NO_x) sendo o óxido nitroso o mais importante do ponto de vista do aquecimento global.

Assim pode-se afirmar que a taxa de emissão de óxidos de nitrogênio é dependente das condições ambientais, sendo que a presença de carbono orgânico assimilável, ausência de oxigênio e temperatura do solo colaboram para o aumento das emissões.

EMISSÃO E ABSORÇÃO DE CH_4 EM SOLOS AGRÍCOLAS

Emissões de metano de solos agrícolas de clima tropical é responsável por parte significativa das emissões globais anuais de metano, sendo os solos cultivados com arroz irrigado, lavouras, queimadas de biomassa e fermentação entérica os principais contribuintes (MOSSIER et al., 2004).

A produção de metano está associada principalmente com solos saturados com água por longos períodos, esse grau de saturação ocorre principalmente em solos destinados a cultura de arroz irrigado por inundação (CAST, 2004). A produção de metano nesses solos, é afetada pela composição e textura do solo e pelo de aceptores inorgânicos de elétrons, sendo que o período entre a inundação do solo e o início da metanogênese pode variar de acordo com o tipo de solo (MOSSIER et al., 2004).

E o fator de emissão de CH_4 geral, indicado para lavouras e arroz irrigado por alagamento, é de $7,08 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, o que corresponde a 1,7 kg hectare por dia de CH_4 (IPCC, 2007).

Ainda segundo Mossier (2004), solos inundados tem alteração da flora edáfica, diminuindo a concentração de oxigênio. A fermentação é um dos principais processos bioquímicos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica em solos inundados, entre os principais produtos fermentativos nestes solos estão o N_2 , CH_4 e CO_2 que constituem a maior parte da fase gasosa dos solos alagados.

Solos aerados podem emitir ou absorver o metano, dominando geralmente a absorção sobre a metanogênese que ocorrem em microsítios anaeróbios. Esta absorção é controlada pela taxa de difusão e demanda biológica, que por sua vez, a difusão é controlada por fatores físicos, e a demanda biológica por ambientes físicos e químicos. Fatores bióticos e abióticos limitam a absorção de metano (SMITH et al., 2003; MAJUMDAR & MITRA 2004).

Segundo Smith & Conen (2004) o fluxo líquido (emissão ou absorção) de metano irá depender do sistema agrícola e práticas de manejo adotadas no sistema. O efeito da mudança no uso da terra de floresta ou pastagem para a agricultura pode reduzir pela metade a capacidade de o solo atuar como dreno de metano. A taxa de oxidação de metano pode ser reduzida pelo preparo do solo, ocasionado pela perturbação dos microrganismos metanotróficos, que também é influenciada pela difusão gasosa, ao afetar a taxa de fornecimento de metano atmosférico (BALL et al., 1999).

A aplicação de adubos nitrogenados em solos agrícolas diminui a oxidação de metano (MOSSIER et al., 1991; MAJUMDAR & MITRA 2004). O amônio atua como inibidor da oxidação de metano no solo ao competir pela enzima mono-oxygenase, que é responsável pela catalisação da oxidação do metano (BOECKX., 1997).

OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi composto por duas hipóteses: 1) A adubação orgânica com composto e biofertilizante possuem o mesmo desempenho da adubação mineral com ureia, sobre as características produtivas, morfogênicas e estruturais do capim Piatã 2) A emissão dos gases de efeito estufa é menor quando se utiliza a adubação orgânica com composto e biofertilizante em comparação com a adubação mineral com ureia.

REFERÊNCIAS

Allen, G.; Kingston, H.; Rennenberg, R.; Schmidt, S. Effect of nitrogenfertiliser management, water logging on nitrous oxide emission from subtropical sugarcane soils. *Agricultural Ecosystems and Environmental*, v.136, p. 209–217, 2010.

Akanni, K. A. e Benson, O. B. Poultry Wastes Management Strategies and Environmental Implications on Human Health in Ogun State of Nigeria. *Advances in Economics and Business* 2(4): 164-171, 2014.

Cangani, M. T. U.; Lucas Junior, J. D. U. Fertilizantes e sistemas de irrigação: emissões de gases de efeito estufa no cultivo do milho, 2016.

Cantarella, H.; Novais, R. F.; Alvarez, V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, B.; Neves, J. C. L. (Ed.). *Fertilidade do Solo*. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

Carvalho, J. L. N. Potential of soil carbon sequestration in different biomes of Brazil *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v. 34, n.2, p. 277-290, 2010.

Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária Gado de Corte. Avaliações comprovam qualidade de forragem do capim-piatã. *Informativo Piatã*, 2008

Costa, A. R. Produção de óxido nitroso de solo cultivado com feijoeiro comum irrigado em sistema plantio direto no cerrado. 2011. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) -Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

Collato ,L; Langer, M. *Unoesc & Ciência – ACET*, Joaçaba, v. 2, n. 2, p. 119-128, 2012

Chae, K. J.; AM Jang; Yim, S. K.; Kim, I. S. The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure. *Bioresource Technology*. v. 99, p. 1-6, 2008.

Chapman, D. F.; Lemaire, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: BAKER, M. J. (Ed.). *Grasslands for our world*. Wellington: SIR Publishing, 1993, p. 55-64.

Chapman, D.; Lemaire, G. Tissue flows in grazed plants communities. In: Hodgson, J.; Illius, A. W. (Ed.). *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford, UK: Cab International, 1996. p. 3-36.

Duru, M.; Ducrocq, H. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller, Ontogenic development and effect of temperature. *Annals of Botany*, v.85, p.635-643, 2000.

Escobar, L.F.; Amado, T.J.C.; Bayer, C.; Chavez, L.F.; Zanatta, J.A.; Fiorin, J.E. Postharvest nitrous oxide emissions from a subtropical Oxisol as influenced by summer crop residues and their management. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, p.507-516, 2010.

Euclides, V. P. B.; Macedo, M. C. M.; Valle, C. B. et al. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 1, p. 98-106, 2009.

FERREIRA, E. R. Gestão integrada e gerenciamento de resíduos de serviços de saúde na UGRHI – PP. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 8, n. 1, p. 81-93, 2016.

Freitas, A.W.P; Nascimento JR; D. Dinâmica do perfilhamento em pastagens sob pastejo. Trabalho apresentado como parte das exigências da disciplina ZOO 650 – Forragicultura. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

Gomide, C.A.M.; Gomide, J.A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.2, p.341-348, 2000

HOFFMANN, A.; MORAES, E. H. B. K.; MOUSQUER, C. J.; SIMIONI, T. A.; JUNIOR GOMES, F.; FERREIRA, V. B.; SILVA, H. M. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período seco. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 2, n. 2, p. 119-130, 2014.

Horst, G. L.; Nelson, C. J.; Asay, K. H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. Crop Science, Madison, v. 18, n. 5, p. 715- 719, 1978.

Intergovernmental Panel On Climate Change - IPCC. Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge, Cambridge University, 2001. 881p.

Intergovernmental Panel On Climate Change – IPCC: Climatechange 2007: The physical science basis, contribution of working group i to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by S. Solomon et al. Cambridge: Cambridge University Press, 142 p, 2007.

IPCC. International Panel for Climate. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories., <http://www.ipcc-nggip.or.jp/public/2006gj/index.htm>. Cited July, 2007.

Jarvis, S. C.; Scholefields, D.; Pain, B. Nitrogen cycling in grazing systems. In: Babon, P. E. (Ed.). Nitrogen fertilization in the environment. Sidney, Marcel Dekker, p. 381-419, 1995.

Hochstein, L.I., Tomlinson, G.A, 1988. The enzymes associated with denitrification. Annual Review of Microbiology 42, 231-261.

Hodgson, J. Grazing management–science into practice. Essex, England: Longman Scientific & Technical, 1990, 203p.

Kiehl, E.J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.

Kulcu, R. New kinect modelling parameters for composting process. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. v. 18, p. 734-741, 2016.

Lemaire, G.; Chapman, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International, p3-36, 1996.

Lemaire, G.; Agnusdei, M. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; Moraes, A. et al. (Ed.). *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. [s.l.]: CAB International, 2000. p. 265-288

Mazzanti, A. Adaptación de especies forrajeras a la defoliación. In: *Simpósio Sobre Avaliação de Pastagens com Animais*, 1, 1997, Maringá. Anais... Maringá, PR: [s.n.], 1997. p. 75-84.

Monteiro, F. A.; Ramos, A. K. B; Carvalho, D. D. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. *Science Agricola.*, Piracicaba, v. 52, p. 135- 141, 1995.

Myrold, D. D. Microbial nitrogen transformations. In: Sylvia, D. M.; Fuhrmann, J. J.; P.G.; Zuberer, D.A (eds). *Principles and Applications of soil microbiology*. Upper Saddle River, Prentice Hall, p. 259-294, 1998.

Nabinger, C.; Pontes, L.S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 38., 2001, Piracicaba, Anais. Piracicaba: SBZ, p. 755-771, 2001.

Nabinger, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: *Simpósio sobre Manejo da Pastagem*, 14, FEALQ, p. 213-251, 1997.

Orrico Junior, M.A.P.; Centurion, S.R.; Orrico, A.C.A.; Oliveira, A.B.M.; Sunada, N.S. 2013. Características produtivas, morfogênicas e estruturais do capim Piatã submetido à adubação orgânica. *Ciência Rural*. 43: 1238-1244.

Orrico Junior, M.A.P.; Centurion, S.R.; Orrico, A.C.A.; Sunada, N.S. 2012. Effects of biofertilizer rates on the structural, morphogenetic and productive characteristics of Piatã grass. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41: 1378-1384.

Oliveira, A. B.; Morfogênese e produção do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. Dissertação (Produção de Ruminantes), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, Itapetinga, Bahia – Brasil 2005.

Ortiz, G.; Villamar, C. S.; Vidal, G. Odor from anaerobic digestion of swine slurry: influence of pH, temperature and organic loading. *Scientia Agricola*. v. 71, p. 443-450, 2014.

Quadros, D. G.; Oliver, A. P. M.; Regis, U.; Valladares, R.; Sousa, P. H. F.; FERREIRA, E. J. Biodigestão anaeróbia de dejetos de caprinos e ovinos em reator contínuo de PVC flexível. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 14, p. 326-332, 2010.

Salati, E.; Lemos, H.M.; Salati, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: Rebouças, A.C.; Braga, B.; Tundisi, J.G. *Água doce no Brasil*. São Paulo: Escrituras Editora, 1999. cap. 2, p. 39-62.

Santos, V. A. C.; Echeverria, D. M. S.; Macedo, M. C. M. Características agrônômicas e produtividade de seis forrageiras do gênero *Brachiaria* cultivadas no período de outono-inverno em sistema de integração lavoura-pecuária. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 48., 2011, Belém, PA, Anais...Belém: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2011

Sahrawat, K.L. Factors Affecting Nitrification in Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. v.39, n. 9 e 10, p. 1436-1446, 2008.

Sanchez, P.A., K.D. Sherpherd, M.J. Soule, F.M. Place and R.J. Izac *et al.*, . Soil Fertility Replenishment in Africa: An Investment in Natural Resource Capital. In: Replenishing Soil Fertility in Africa, Buresh, R.J., P.A. Sanchez and F. Calhoun (Eds.). SSSA and ICRAF, pp: 1-46. 1997.

Sanchez-Martin, L., Vallejo, A., Dick, L., Skiba, U.M.,. The influence of soluble carbono and fertilizer nitrogen on nitric oxide and nitrous oxide emissions from two contrasting agricultural soils. *Soils Biology & Biochemistry* 40, 142-151, 2008.

Sbrissia, A. F.; DA Silva, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 38, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ, p.733-754, 2001.

Skinner, R.H.; Nelson, C.J. Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. *Annals of Botany*, v.70, p.493-499, 1992

Valle, C.B.; Euclides, V.P.B.; Valério, J.R.; Macedo, M.C.M.; Fernandes, C.D.; Dias Filho, M.B. *Brachiaria brizantha* cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais. *Seed News*, v.11, n.2, p.28-30, 2007.

Wilhelm, W. W.; Mc Master, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. *Crop Science*, v. 35, n. 1, p. 1-3, 1995.

Zalidis, G.; S. Stamadis; V. Takavakoglou; K. Eskridge & N. Misopolinos. 2002. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 88: 137-146.

CAPITULO II

A adubação orgânica é uma alternativa viável para reduzir as emissões de gases de efeito estufa em comparação com a adubação mineral?

Sírio Douglas da Silva dos Reis¹, Marco Antônio Previdelli Orrico Junior¹, Abmael da Silva Cardoso², Michely Tomazi, Ana Carolina Amorim Orrico, Stéfane de Souza Cunha, Ricardo Andrade Reis²,

¹ Universidade Federal de Grande Dourados, Rodovia Dourados - Itahum, Km 12 - Cidade Universitária, Cx. Postal 364 - CEP 79804-970 – Dourados, MS, Brasil.

² Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n 14884-900 - Jaboticabal, SP, Brasil.

Autor correspondente:

Resumo: A adubação nitrogenada pode afetar a produção, crescimento e causar impactos ambientais como a emissão de gases de efeito estufa. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes fontes de fertilizantes (ureia, composto e biofertilizante) sobre a produção de forragem, características morfogênicas e estruturais de forragem e emissão de óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4). Quatro tratamentos foram avaliados (ureia, composto, biofertilizante e controle) em um delineamento blocos ao acaso com 6 repetições. As características de forragem avaliadas foram: produção de forragem, taxa de aparecimento foliar (TApF), filocrono (FILO), taxa de alongamento foliar (TAIF) e do colmo (TAIC), duração de vida da folha (DVF), comprimento final da folha (CFF) e número de perfilhos (Nperf). A emissão de GEE foi avaliada utilizando a metodologia de câmaras estáticas e determinação da concentração de gás por cromatografia gasosa. A produção de forragem foi afetada pelo tipo de fertilizante e estação sendo maior no tratamento ureia. As variáveis TApF, FILO, TAIF e TAIC foram influenciadas pelo tipo de adubo e estação aumentando com a adubação. As emissões de N_2O diferiram entre tratamento sendo 1.16, 0.46 e 0.20% para biofertilizante, ureia e composto respectivamente e a aplicação de composto estimulou a oxidação de CH_4 . O biofertilizante e o composto podem ser utilizados como alternativa ao fertilizante sintético sendo que o composto apresenta maior potencial para mitigação das poluições nitrogenada.

Palavras chave: N_2O , CH_4 , *Brachiaria brizantha*, meio ambiente.

Abstract: Nitrogen fertilization can affect production, growth and cause environmental impacts such as greenhouse gas emissions. The objective of this study was to evaluate the effect of different sources of fertilizer (urea compost and biofertilizer) on forage production, morphogenic and structural characteristics forage emission nitrous oxide (N_2O) and methane (CH_4). Four treatments were evaluated (urea, compost, biofertilizer and control) in a randomized block design with 6 replications. The forage characteristics evaluated were: forage yield, leaf appearance rate (TApF), phyllochron (FILO), leaf elongation rate (TAIF) and stem (TAIC), leaf life (DVF), final leaf length. leaf (CFF) and number of tillers (Nperf). GHG emission was evaluated using static chamber methodology and gas concentration determination by gas chromatography. Forage yield was affected by fertilizer type and season being higher in urea treatment. The variables TApF, FILO, TAIF and TAIC were influenced by fertilizer type and season increasing with fertilization. N_2O emissions differed between treatment being 1.16, 0.46 and 0.20% for biofertilizer, urea and compost respectively and application of compost stimulated CH_4 oxidation. Biofertilizer and compost can be used as an alternative to synthetic fertilizer and compost has greater potential for mitigating nitrogen pollution.

Key words: N_2O , CH_4 , *Brachiaria brizantha*, environment.

INTRODUÇÃO

A produção de bovinos de corte no Brasil é predominantemente realizada em pastagens sendo as *Brachiarias* as forrageiras mais utilizadas. Embora as *Brachiarias* possam se desenvolver sobre condições de baixa fertilidade a falta de reposição de nutrientes, especialmente o nitrogênio pode levar as pastagens a degradação (Boddey et al., 2004). Um adequado suplemento do nitrogênio via adubação é necessário para manter a crescimento da forrageira, o valor nutritivo e persistência do dossel forrageiro (Sollemberger et al., 2009). Embora o nitrogênio seja essencial para a planta forrageira seu uso causa impactos ambientais, especialmente a emissão de um potente gás de efeito estufa (GEE) o óxido nitroso (N_2O) que possui potencial de aquecimento aproximadamente 300 vezes maior do que o dióxido de carbono (IPCC, 2006). Devido ao alto potencial de aquecimento global do N_2O , alternativas para a mitigação deste gás em função da utilização de fertilizantes nitrogenados devem ser buscadas.

A emissão de N_2O pelos solos agrícolas ocorre principalmente após as adubações nitrogenadas (alta disponibilidade de N no solo) em condições de umidade e temperatura elevadas (Van Groenigen et al., 2005; Mazzetto et al., 2014; Cardoso et al., 2017; Lessa et al., 2014). Assim, acredita-se que o parcelamento da adubação nitrogenada e a utilização de fontes de liberação mais lenta de nitrogênio possam auxiliar na mitigação das emissões de N_2O .

Os adubos orgânicos, entre eles os compostos orgânicos (produto da compostagem) e os biofertilizantes (produto da biodigestão anaeróbia), apresentam parte nitrogênio na forma orgânica (Bowden et al., 2007; Silveira et al. 2018), imediata transformação em N_2O quando aplicado no solo. Além disso, a adubação orgânica é essencial para reciclar os resíduos oriundos da produção animal, seja na forma de composto, biofertilizante ou esterco curtido (Ryals et al., 2016, Orrico Junior et al., 2012; Grave et al., 2018). A adoção desta prática, contribui para reduzir a utilização de insumos externos e aumentar a sustentabilidade ambiental e econômica da produção de forragem (Silveira et al. 2018).

Da mesma maneira que o tipo de adubação nitrogenada pode acarretar em diferentes perdas de N (Cardoso et al., 2019), adubação orgânica também pode interferir na emissão e/ou oxidação de CH_4 no solo (Hou et al., 2016). Entretanto, as informações sobre quanto é emitido, quando ocorre e por quanto tempo persiste a produção de GHG em função do tipo de adubação (comparação entre orgânico e mineral) em pastagens tropicais ainda são limitadas. Sendo mais limitadas ainda, informações que comparem

intensidade de emissão (relação entre produtividade das pastagens em função das emissões de GHG), pois apenas a comparação quantitativa das emissões dos GHG pode não ser um parâmetro justo para a adoção de uma determinada prática de manejo.

Diante do exposto, há necessidade de avaliar os efeitos da utilização de fertilizantes orgânicos como composto e biofertilizante como estratégia de aumentar a produção de forragem e mitigar os impactos ambientais do uso de fertilizantes sintéticos em pastagens tropicais. Portanto, os objetivos deste experimento foram (i) quantificação a emissão de GEE em pastos de capim-Piatã adubados com fertilizante sintético ureia, composto e biofertilizante e (ii) avaliar a produção e o crescimento de forragem. As hipóteses são: (i) as emissões de N_2O serão menores no tratamento composto comparado ao biofertilizante e ureia, (ii) a fração de N perdida na forma de N_2O serão menores do que as preconizadas pelo IPCC, (iii) as maiores emissões de CH_4 serão originadas no tratamento composto e (iv) o suplemento de N do composto e biofertilizante associadas a características físicas e químicas destes fertilizantes orgânicos apresentarão uma produção e crescimento de forragem próximo a do adubo sintético.

MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, clima e solo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, localizado no município de Dourados MS, Brasil (lat 22° 16' 30" S, long 54° 49' 00" W), com 408 m de altitude. O clima da região conforme classificação de Köppen (1931) é do tipo Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos) com precipitação anual média de 1500 mm e temperatura média anual de 22 °C. Os dados de da temperatura máxima, mínima e média, coletados na área experimental durante a pesquisa podem ser visualizados na Tabela 1. O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho distróférrico de textura argilosa que apresentou as seguintes características: areia, 128,97 g.kg⁻¹; silte, 107,20 g.kg⁻¹; argila, 763,84 g.kg⁻¹; pH em CaCl₂: 4,78; P 5,14 mg.dm⁻³; K, 1,00 cmol_c.dm⁻³; Ca⁺², 2,86 cmol_c.dm⁻³; Mg⁺², 1,29 cmol_c.dm⁻³; Al⁺³, 0,15 cmol_c.dm⁻³; H⁺Al, 6,08 cmol_c.dm³; CTC, 11,22 cmol_c.dm³; MO, 27,24 g.dm⁻³ e V, 45.85%.

2.2 Tratamentos e preparo dos tratamentos

Foi utilizado um delineamento em blocos com parcela subdividida no tempo (estações do ano), com quatro tratamentos e seis blocos, sendo eles tratamento controle, adubação com ureia, composto e biofertilizante, totalizando 24 unidades experimentais. O capim Piatã foi submetido a uma dose de 400 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, parcelada em 10 aplicações de 40 kg ha⁻¹ cada uma. O composto orgânico foi proveniente de dejetos de galinhas poedeiras que foram compostados por 70 dias até alcançar a relação C:N constante (em torno de 10:1). O biofertilizante foi proveniente do processo de biodigestão anaeróbia dos dejetos de galinhas poedeiras, manejados com um tempo de retenção hidráulica de 25 dias. O composto orgânico e o biofertilizante apresentaram teores de 2,13 e 0,23% de N-total respectivamente, a partir destes teores foram calculadas as doses por vaso (Tabela 2).

A umidade dos vasos foi controlada constantemente com um sistema de irrigação, sempre mantendo a umidade em torno de 70% da capacidade de campo. No dia 6 de dezembro de 2016 foi realizada a semeadura do capim Piatã, sendo semeadas trinta sementes do capim Piatã por vaso. Sete dias após a emergência foi realizado um desbaste, deixando as nove melhores plantas de cada vaso. O corte de uniformização ocorreu 50 dias após o plantio a 20 cm de altura em relação ao solo (início do período experimental). Os cortes foram realizados a cada 35 dias, sendo o capim cortado na

altura de 20 cm em relação ao solo. Após cada corte uma nova adubação era realizada e um novo ciclo de coleta de dados era iniciado. Foram realizados 10 cortes entre os meses de fevereiro de 2017 a fevereiro de 2018.

2.3 Avaliação da emissão de gases de efeito estufa

Os fluxos de CH₄ e N₂O foram medidos utilizando a técnica de câmara fechada, composta por uma câmara estática circular opaca, com volume de 32,2 L. Uma canaleta foi fixada no vaso, com encaixe para a câmara sobre o vaso, fazendo um sistema fechado, vedado com água na canaleta.

As emissões de GEE foram monitoradas nos 1º, 2º, 3º, 5º, 8º, 11º, 15º, 22º, 28º dia após aplicação da adubação. Quando as emissões continuaram maior que a testemunha após os 28º dia, as avaliações eram monitoradas por mais 7 dias até que o novo corte fosse realizado.

Em cada dia de coleta, a câmara de amostragem foi acoplada ao vaso durante um período de 30 a 60 minutos (dependendo da intensidade de emissão). Durante esse tempo foram coletadas três seringas de 20 mL de ar do interior da câmara (subamostras) de cada câmara em tempos equidistantes (por exemplo: 0, 15 e 30 minutos). Antes da coleta, o ar no interior da câmara era homogeneizado pelo acionamento de um ventilador interno durante 30 segundos, e a temperatura era aferida com termômetros digitais acopladas em cada uma das câmaras. As coletas sempre começavam a partir das 8:00 h, sendo que este horário teve representatividade da média diária da emissão de N₂O e CH₄ do solo (Alves et al., 2012).

As análises para determinar as concentrações dos gases foram feitas logo após a coleta ou em algumas ocasiões foram armazenadas por no máximo quinze dias (Cardoso et al., 2019) em frascos de cromatografia 12 mL devidamente fechados e evacuados (Figura 4). As análises foram realizadas em cromatógrafo de gás equipado com coluna empacotada de Porapak Q e N e detectores de condução elétrica (ECD) de ionização de chama (FID), com injeção automática. Antes de cada bateria de análises, foram injetados padrões com concentrações conhecidas dos gases, cujos resultados foram utilizados para a determinação das curvas analíticas para os cálculos das concentrações dos gases em cada amostra.

As amostras de ar foram quantificadas quanto a concentração de CH₄ e N₂O e corrigidas com a temperatura avaliada no momento da coleta para concentração à 25° C. O fluxo dos gases foi calculado com a diferença de concentração no período de

avaliação de cada câmara, de acordo com a equação a seguir, descrita por BARTON et al., (2008):

$$FGHG = \delta C / \delta t (V/A) M/Vm, \text{ onde:}$$

- $\delta C / \delta t$ é a mudança de concentração do gás na câmara no intervalo de incubação;
- V e A são respectivamente o volume da câmara e áreas de solo coberta pela câmara:
- M é o peso molecular gás
- Vm é o volume molecular corrigido as condições normais de temperatura e pressão: $Vm = 0,02241 \times (273,15 + \text{temp} / 273,15) \times p_0 / p_1$ onde 0,02241 m³ é 22,41 L volume do mol, temp é a temperatura da câmara no momento de amostragem (em graus Celsius), p₀ é a pressão do ar nível do mar e p₁ é a temperatura do ar no campo de experimentação. A pressão do ar do local de estudo foi estimada usando a equação barométrica que considera a altitude do local.

A emissão de CH₄ e N₂O durante o período de avaliação foi dada pela emissão acumulada no período de avaliação calculada pela integral entre o período avaliado e a variação na concentração de cada gás. A emissão de GEE atribuída à presença dos adubos orgânicos ou adubo mineral foi estimada pela subtração da emissão calculada para o tratamento controle (sem material orgânico).

Com a emissão total de N₂O em cada tratamento e a dose de N aplicada, foi calculado o fator de emissão (FE) de N-N₂O (nitrogênio na forma de N₂O). Este fator expressa quanto N aplicado na forma de fertilizante foi transformado em N₂O. O FE foi calculado utilizando a seguinte equação $FE = (N-N_2O \text{ total emitido} - N-N_2O \text{ total emitido pelo controle}) / \text{Total de N aplicado pelo fertilizante}$.

2.4 Avaliação das características de forragem

A massa de forragem verde (parte aérea) foi medida pelo peso total da forragem verde contida nos vasos após o corte a uma altura de 20 cm em relação ao solo. O material coletado foi levado ao laboratório e colocado em estufa de circulação forçada de ar a 65⁰C por no mínimo 72 horas, para determinação da matéria seca, segundo a metodologia descrita pela AOAC (1990).

Para avaliação das características morfogênicas, após o corte de uniformização da forrageira foram marcados três perfilhos do capim por vaso, totalizando 72 perfilhos. As marcações foram realizadas com fios coloridos. Realizando-se as mensurações a cada três dias com uma régua milimetrada, foram feitas as medições das folhas, parte

vivas e em senescência, a partir desses dados, foram calculadas as seguintes características morfológicas e estruturais: (1) Taxa de aparecimento foliar (TApF folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹): obtida através da divisão do número de folhas surgidas e dias de avaliação do ciclo; (2) Filocrono (FILO dias): é o intervalo entre o aparecimento de duas folhas consecutivas em um perfilho, no entanto, é o inverso da TApF; (3) Taxa de alongamento foliar (TAIF cm perfilho⁻¹ dia⁻¹): é obtida pela diferença entre os comprimentos finais e iniciais das lâminas foliares, dividida pelo número de dias decorridos no período de avaliação; (4) Taxa de alongamento do colmo (TAIC cm perfilho⁻¹ dia⁻¹): obtido pela diferença entre o alongamento inicial e final dos colmos, dividido pelo número de dias de avaliação, (5) Duração de vida da folha (DVF): obtido através da multiplicação do número de folhas vivas pelo filocrono, (6) Comprimento final da folha (CFF cm⁻¹ perfilho⁻¹): obtido através do comprimento médio das lâminas foliares, de todas as folhas expandidas presente em um perfilho; (7) Número de perfilhos: obtido através do total de perfilhos verdes de cada vaso.

2.5 Análise dos dados

As emissões acumuladas de gases de efeito estufa e as características produtivas, morfológicas e estruturais do capim Piatã foram submetidas a análise de variância utilizando o esquema de parcelas subdivididas no tempo utilizando o PROC MIXED, onde foi avaliado o efeito dos tratamentos principais (os tipos de adubação), dos tratamentos secundários (as estações do ano) e a interação (adubação*estação). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada pelo software SAS.

3 RESULTADOS

3.1 Emissão de gases de efeito estufa

A aplicação de fertilizantes estimulou a produção de N₂O. O fluxo médio do tratamento sem adição de N foi de 0,1 mg N-N₂O m⁻² dia⁻¹ que aumentou para 0,33, 0,61 e 1,39 mg N-N₂O m⁻² dia⁻¹ para os tratamentos composto, ureia e biofertilizante, respectivamente. O maior fluxo de N₂O foi observado (79.56 mg N-N₂O m⁻² dia⁻¹) sete meses após o início do experimento, para a adubação com biofertilizante (Figura 1). Foi observado consumo de N₂O em todos os tratamentos sendo o maior valor diário quantificado no tratamento controle (-5,90 mg N-N₂O m⁻² dia⁻¹) que ocorreu no mês de julho. Os menores fluxos de N₂O foram -3,77, -2,95, e -2,79 mg N-N₂O m⁻² dia⁻¹ para os tratamentos composto, ureia e biofertilizante, respectivamente. Os maiores fluxos de N₂O foram observados durante o outono e inverno (Figura 1) meses que apresentaram as menores temperaturas (Tabela 1).

Ao se avaliar a fração de N perdida na forma de N₂O o tratamento biofertilizante apresentou um fator de emissão de N-N₂O de 1,16%, a ureia 0,46% e o composto 0,20%. As emissões acumuladas de N₂O diferiram estatisticamente entre os tratamentos, sendo observados os maiores valores nos solos adubados com biofertilizante (Figura 2).

Ao se avaliar as emissões de CH₄, foi observado um predomínio da oxidação de CH₄ pelo solo (mais de 60% das avaliações) em todos os tratamentos. O fluxo médio foi de -6,0 -20,3, -11,7 e -34,0 µg C-CH₄ m⁻² dia⁻¹ para os tratamentos controle, biofertilizante, composto e ureia, respectivamente. As maiores emissões ocorreram no mês de setembro aproximadamente 7 meses após o início do experimento. A maior produção diária de CH₄ foi observada no tratamento controle (25,58 µg C-CH₄ m⁻² dia⁻¹). Já a maior oxidação de metano ocorreu 2 dias após o início do experimento (-49,80 µg C-CH₄ m⁻² dia⁻¹) no tratamento com aplicação de ureia. As emissões cumulativas de CH₄ diferiram entre tratamentos (p<0.001), sendo observados maiores valores para o tratamento testemunha e o biofertilizante (Figura 2).

3.2 Características de forragem

Houve interação (P < 0,05) entre as estações do ano e os tipos de adubação para a produção de matéria seca (PMS). A maior PMS (6.395 kg MS ha⁻¹) foi observada para o tratamento adubado com ureia durante o verão, seguido do biofertilizante (4.686 kg MS ha⁻¹), composto (4.153 kg MS ha⁻¹) e controle (3.103 kg MS ha⁻¹) na mesma

estação. Das estações do ano, o verão foi a mais produtiva, em segundo lugar ficou a primavera e em terceiro ficaram o outono e o inverno que não apresentaram diferenças entre si para a PMS. A única exceção foi observada para a adubação com biofertilizante a qual não diferiu ($P > 0,05$) entre as estações de primavera e outono para a PMS (Figura 3).

O filocrono, a taxa de aparecimento foliar, a duração da vida da folha e o número de folhas verdes também apresentaram interação ($P < 0,05$) entre a estação do ano e o tipo de adubação (Figura 4). As maiores taxas de aparecimento de folha foram observadas durante o verão, sendo o tratamento com ureia o que apresentou a maior média (0,15 folhas. perfilho⁻¹.dia⁻¹), seguido das demais adubações que não apresentaram diferença significativa entre si. O Filocrono seguiu o comportamento inverso da taxa de aparecimento foliar, sendo observado o maior valor (29,91 dias) para o tratamento controle durante o inverno.

A maior duração da vida da folha foi de 176 dias, obtida no tratamento controle durante o inverno. Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) na duração da vida da folha entre os diferentes tipos de adubação estações de primavera e verão. Os maiores valores ($P < 0,05$) de folhas verdes foram obtidos durante o inverno (independente da adubação testada) e na adubação com biofertilizante durante o outono e a primavera.

A taxa de alongamento foliar, taxa de alongamento de colmo, tamanho final de folha e número de perfilhos por vaso apresentaram apenas influência ($P < 0,01$) do tipo de adubação e da estação do ano (Tabela 3). Foi observada maior taxa de alongamento foliar durante o verão com média de 4.81 cm.dia⁻¹, seguida da primavera com 3.88 cm.dia⁻¹, outono com 2.95 cm.dia⁻¹ e inverno com 1.84 cm.dia⁻¹. O tratamento com ureia apresentou a maior taxa de alongamento de folha (3.99 cm.dia⁻¹), seguida dos tratamentos com biofertilizante (3.56 cm.dia⁻¹) e composto (3.43 cm.dia⁻¹) que foram semelhantes entre si, sendo o tratamento controle o que apresentou menor valor (2.49 cm.dia⁻¹).

Não houve diferença entre os tratamentos que receberam adubações nitrogenadas para a taxa de alongamento do colmo, as quais apenas diferiram ($P < 0,05$) do tratamento controle (Tabela 3). Nas estações do ano, foi observada maior ($P < 0,05$) taxa de alongamento (0,78 cm.dia⁻¹) para o verão seguido da primavera, outono e inverno que apresentaram 0.70, 0.61 e 0.05 cm.dia⁻¹, respectivamente.

O comprimento final da folha foi semelhante entre os tratamentos adubados com ureia, biofertilizante e composto, sendo estes superiores ($P < 0,05$) ao tratamento controle (Tabela 3). Para a estação o comprimento final de folha foi semelhante entre o verão e a primavera (18,24 cm), sendo estes superiores ao inverno (16,28 cm) e outono (17,16 cm).

O número de perfilhos por vaso foi superior no tratamento com ureia com um total médio de 112 perfilhos. vaso⁻¹, seguido do biofertilizante com 101 perfilhos. vaso⁻¹, do composto com 89 perfilhos. vaso⁻¹ e do controle com 75 perfilhos. vaso⁻¹ (Tabela 3). O número de perfilhos foram próximos entre as estações do ano, sendo que o verão foi o que apresentou a maior média em termos numéricos, no entanto esta não diferiu ($P < 0,05$) entre os tratamentos com biofertilizante e composto, que por sua vez também não diferiram do controle. Para a taxa de senescência não houve diferença ($P > 0,05$) em função dos tratamentos testados e as estações do ano (Tabela 3).

A relação entre produção de MS e emissão de N₂O (Figura 2) foi maior para o tratamento com composto orgânico (9,68 kg de MS. mg de N₂O⁻¹. m⁻²), seguido do tratamento com uréia (7,52 kg de MS. mg de N₂O⁻¹. m⁻²) e do tratamento com biofertilizante que obteve o pior resultado (2,50 kg de MS. mg de N₂O⁻¹. m⁻²).

4 DISCUSSÃO

4.1 Emissão de gases de efeito estufa

A emissão de N_2O pelos solos agrícolas ocorre principalmente pelos processos microbianos de nitrificação e desnitrificação (Lessa et al., 2014). Sendo a produção deste gás influenciada principalmente pela disponibilidade de N inorgânico, umidade e temperatura (Van Groenigen et al., 2005; Mazzetto et al., 2014; Cardoso et al., 2017). No presente estudo observamos que a maior emissão N_2O ocorreu nas parcelas que receberam a adubação com biofertilizante. Este resultado pode ser explicado pela forma líquida e pelos baixos teores de N do biofertilizante, o qual exigiu doses bem maiores para atingir o mesmo equivalente de N dos demais tratamentos (Tabela 2). Fertilizantes líquidos e em grande quantidade podem penetrar nas camadas mais profundas do solo e manter um ambiente anaeróbico por mais tempo, favorecendo as emissões de N_2O . Nicholson et al. (2017) ao comparar diferentes adubações orgânicas (green compost, solid farmyard manure, livestock slurry and food-biofertilizer) observaram que as emissões de N_2O originárias dos fertilizantes líquidos foram superiores as emissões dos fertilizantes sólidos.

Outro fator que merece atenção é a disponibilidade de nitrogênio presentes nos adubos orgânicos. Segundo Bowden et al. (2007) o nitrogênio disponível nos compostos orgânicos pode variar de -0,66 a 49,00% do N-total, o que impede que parte do N possa ser transformado em N_2O . Esse dado explica a eficiência apresentada pelo composto orgânico na mitigação da emissão de N_2O , quando comparado a adubação com uréia e biofertilizante.

Os maiores fluxos de N_2O observados durante o outono e inverno contrastam com os dados observados na literatura (Sordi et al., 2013 e Mazzetto et al., 2014), os quais mostram redução nas emissões de N_2O nos períodos em que as temperaturas são menores. No entanto, deve-se ressaltar que na maioria das regiões tropicais as épocas mais frias do ano também são acompanhadas de baixa pluviosidade (invernos secos). Assim, os resultados observados por Sordi et al. (2013) e Mazzetto et al. (2014) também tiveram a associação da falta de umidade no solo o que pode ter resultado nas menores emissões observadas pelos autores.

Chen et al. (2018) trabalhando em condições controladas de umidade (irrigação em casa de vegetação) e com elevadas doses de N (disponível), observaram que os fluxos de N_2O atingiram o pico (em todos os tratamentos testados) quando a

temperatura do solo atingiu aproximadamente 18° C, sendo que a partir de 18° C houve uma correlação negativa entre as emissões de N₂O e a temperatura do solo. Com base neste estudo, podemos concluir que as temperaturas médias observadas durante este experimento (Tabela 1) pouco influenciaram nas emissões de N₂O (muito próximas ou acima dos 18° C) e que a forma física do fertilizante (líquido ou sólido) e o N disponível foram os principais fatores determinantes da emissão de N₂O (Hoeft et al., 2012).

Na literatura os maiores fluxos de N₂O, frequentemente, são observados entre 3 e 15 dias após a aplicação da fonte nitrogenada (Lessa et al., 2014; Van Groenigen et al., 2005; Mazzetto et al., 2014; Cardoso et al., 2017). Porém, esse mesmo comportamento não foi observado neste estudo sendo observado os maiores fluxos cinco meses após a aplicação dos fertilizantes. Isso pode ter ocorrido devido ao efeito acumulativo da aplicação dos fertilizantes que foram aplicados após cada um dos cortes (10 aplicações) e/ou pela menor capacidade que gramínea tropical tem de assimilar nitrogênio para seu crescimento em condições de baixa temperatura (esse tópico será discutido no próximo item).

O fator de emissão (EF) de N₂O preconizado para fertilizantes pelo (IPCC, 2006) é de 1% do total de N aplicado. A fração de N perdido pela aplicação de biofertilizante (1.16%) foi próximo ao guia do IPCC, enquanto que as emissões para ureia foram metade do preconizado pelo guia do IPCC e também dos observados por Mazzetto et al. (2016). O fator de emissão do composto orgânico (0.20%) foi praticamente a mesmo (0.18%) encontrado por Cardoso et al. (2019) com uso de composto na adubação de pastagens tropicais. No entanto, Cardoso et al. (2019) não observaram diferenças entre biofertilizantes e composto divergindo dos dados obtidos neste estudo.

Havendo disponibilidade de material orgânico a principal variável que controla a produção ou oxidação de metano é a umidade do solo (Dalal et al., 2008). Neste estudo a umidade foi a mesma para os tratamentos, sendo que as aplicações de fertilizantes estimularam a oxidação de CH₄ (Figuras 1 e 2). A aplicação de fertilizantes nitrogenados pode estimular a produção (Xie et al. 2010), o consumo (Fender et al. 2012) ou apresentar nenhum efeito sobre os fluxos de CH₄ pelos solos (Zanatta et al. 2010).

O aumento da oxidação de CH₄ pela aplicação de fertilizantes neste estudo pode estar relacionado a um estímulo no crescimento de micro-organismos metanotróficos já presentes no solo. A maior oxidação de CH₄ foi observada 2 dias após o início da

aplicação dos adubos. No início do experimento ainda há predomínio da população do micro-organismos originalmente do solo quando coletado (metanotróficas), que tiveram o crescimento estimulado pela adição de C e N. De acordo com Dalal et al. (2008) o C e N são essenciais para o crescimento e desenvolvimento destes micro-organismos. No que tange a fonte de N a menor oxidação de CH₄ foi observada no tratamento ureia, isso se deve ao fato de que as fontes orgânicas de N possuem C disponível, que em condições de oxidação levam ao predomínio de produção de CO₂ ao invés de CH₄ (Turetsky et al., 2014).

Assim, ao contrário do que se esperava, a aplicação de composto não estimulou a produção de CH₄ pelo solo diferindo de estudos como os de Gupta et al. (2007) e Cardoso et al. (2019) que observaram aumentos na produção de CH₄ em solos com pastagens em clima tropical ou temperado em função da adubação com fertilizantes orgânicos.

4.2 Características de forragem

Existem na literatura muitos trabalhos que demonstram a correlação positiva existente entre a disponibilidade de N no solo e a produção de matéria seca das gramíneas tropicais (Cabral et al. 2012; Costa et al. 2013). Esse comportamento se deve ao fato do nitrogênio promover significativo aumento das reações enzimáticas e do metabolismo das plantas, proporcionando maior teor de clorofila nas folhas, aumentando assim a oferta de fotoassimilados que influenciam diretamente a produção de biomassa (Nakamura et al. (2005).

Segundo Gutser et al. (2005) muitos fertilizantes orgânicos apresentam menor efeito sobre o crescimento da planta em comparação com os adubos minerais. Segundo os autores a disponibilidade dos nutrientes dos adubos orgânicos dependente da relação C:N do material de origem e do tipo de tratamento adotado ao resíduos (anaeróbio, aeróbio ou *in natura*). Quando os resíduos orgânicos são submetidos ao processo de biodigestão anaeróbia, há um aumento na concentração do NH₄⁺-N nos efluentes, o que promove uma maior proporção de N disponível as plantas quando comparado ao composto orgânico (Gutser et al. 2005). Desta forma, os compostos orgânicos necessitam de maiores taxas de aplicação para obter o mesmo desempenho dos biofertilizantes líquidos.

Orrico Junior et al. (2013) ao trabalharem com biofertilizante originado de efluente de abatedouro avícola na adubação do capim Piatã, encontraram produções de MS semelhante as obtidas por Silveira et al (2018) que utilizaram o composto orgânico

de aviário (sob mesmas condições de solo, época do ano e manejo dos vasos). No entanto, Silveira et al., (2018) necessitaram de uma dose 4,8 vezes superior de composto orgânico para atingir a mesma produção de Orrico Junior et al. (2013).

As maiores PMS obtidas durante as estações de verão e primavera foram típicas de gramíneas de clima tropical (estacionalidade produtiva). Segundo Euclides et al., (2008) as gramíneas tropicais sofrem forte influência do regime hídrico, temperatura e fotoperíodo das estações do ano, principalmente durante outono e inverno. No caso específico deste trabalho houve apenas a influência da temperatura (Tabela 1) e do fotoperíodo no desenvolvimento das plantas, pois a umidade do solo foi constantemente controlada.

Segundo Lemaire e Chapman (1996) as taxas de aparecimento e alongamento de folhas aumentam em função da temperatura do meio, desta forma o tamanho final da folha que é determinado pela relação taxa de alongamento/taxa de aparecimento, eleva-se com o aumento da temperatura fazendo com que as folhas crescidas no verão apresentem maior tamanho. Este padrão também foi observado neste experimento, onde as folhas apresentaram em média 18,24cm de comprimento no verão e 16,28cm de comprimento no inverno.

A influência da disponibilidade de N é outro fator que interfere diretamente sobre as características morfogênicas e estruturais das plantas. Segundo Lemaire e Chapman (1996) a TApF tem papel central na morfogênese das plantas, pois esta interfere diretamente nas características estruturais da planta (números de folhas verdes, comprimento final de folha, número de perfilhos e duração da vida da folha).

Os dados demonstram que os tratamentos que proporcionaram importantes variações nos valores da TApF, também contribuíram para a alteração das características de crescimento da planta. O NFV e o número de perfilhos dependem de quantas folhas surgem no perfilho, sendo que quanto maior for a TApF maior o número de gemas axilares presentes nas plantas e assim maior a quantidade de pontos de crescimento (potencial de perfilhamento) nas forrageiras (Lemaire e Chapman, 1996). Já a duração de vida da folha é estimada a partir da TApF e número de folhas vivas por perfilho, desta forma quanto maior for a taxa de renovação de folhas de um perfilho (TApF) menor será a duração das mesmas. Isso explica porque a maior duração da vida folha foi obtida no tratamento controle durante o inverno.

A TAlF é outra característica morfogênica de grande importância. Segundo MacAdam et al. (1989) o aumento na TAlF ocorre principalmente em função do

aumento das doses de nitrogênio disponível no solo. Isso ocorre porque o nitrogênio tem a função de incrementar a produção de células (divisão celular), sem efeito no tamanho final da célula ou na taxa de alongamento da célula epidérmica, resultando em maior produção de massa seca (Gomide, 1997).

A TAIC é uma característica das gramíneas tropicais, a qual esta associada ao mecanismo de competição de luz nos estratos superiores folhosos, que tem como consequência uma maior interceptação de luz incidente, causando o alongamento do colmo e dispendo as lâminas foliares no topo dos perfilhos (Cano et al., 2004). A TAIC também é fortemente influenciada pela duração de alongamento da folha, ou seja, quanto menor o Filocrono, maior será o colmo (Sbrissia & Silva, 2001). Esse comportamento foi observado neste experimento, onde os menores filocronos (verão com uréia) apresentam as maiores TAIC.

4.3 Interação entre tratamentos, emissões de GHG e a produção de forragem

Ao confrontar os dados de produção e crescimento do capim com os dados de emissão de N_2O podemos perceber que a redução do crescimento das plantas durante o outono e inverno pode ter contribuído para aumentar a disponibilidade de nitrogênio no solo. Essa maior disponibilidade colaborou para potencializar as emissões de N_2O , visto que as condições de temperatura (tropical) e umidade (irrigação) do solo foram ideais para isso (Chen et al., 2018).

Desta forma, esse trabalho serve de alerta para que os produtores não adotem a prática de fertirrigação com doses elevadas de biofertilizantes em épocas que os capins têm sua produção reduzida. Essa prática de fertirrigação é muito frequente no Brasil, pois as produções de biofertilizantes são constantes ao longo do ano (produção diária de dejetos pelos animais) e sua utilização nas áreas agrícolas também acaba sendo constante ao longo do ano (várias adubações ao longo do ano).

Outro fator que merece atenção foram os dados referentes à relação entre produção de MS e emissão de N_2O . Essa variável demonstrou que a adubação com composto orgânico foi a mais eficiente em minimizar as emissões de N_2O em função da produção de MS, sendo considerada uma alternativa viável do ponto de vista ambiental. Poucos são os trabalhos na literatura que comparam a emissão de GHG de uma atividade em função do seu produto final, por isso, acredita se que novos estudos

precisam se preocupar em medir essa relação, pois muitas vezes a medida do quanto é emitido pode não ser a maneira mais adequada para comparar os tratamentos propostos.

5 CONCLUSÕES

A emissão de N_2O é dependente da fonte de N aplicada. As emissões de N_2O são maiores para as fontes líquidas (biofertilizante) do que sólidas (composto) tendo o fertilizante sintético apresentado emissão intermediária. A fração de N perdida na forma de N_2O difere do fator de emissão default do guia de inventários do IPCC (2006) sugerindo a necessidade de fator de emissão local para fertilizantes nitrogenados para solos brasileiros. A utilização de composto apresenta-se como uma alternativa para a mitigação da emissão de N_2O .

A aplicação de fertilizantes orgânicos e sintético estimulou a emissão de oxidação de CH_4 , corroborando a hipótese sugerida por Saggart et al., (2008) de que solos tropicais podem ser grandes drenos de CH_4 .

A produção e as taxas de crescimento do capim Piatã adubados com fertilizantes orgânicos não foram semelhantes a adubação nitrogenada, o que inviabilizou a nossa hipótese inicial. No entanto, a relação entre produção de MS e emissão N_2O foi favorável à adubação com composto orgânico.

6 REFERÊNCIAS

- Alves, B. J., Smith, K. A., Flores, R. A., Cardoso, A. S., Oliveira, W. R., Jantalia, C. P., Urquiaga, S. & Boddey, R. M. (2012). Selection of the most suitable sampling time for static chambers for the estimation of daily mean N₂O flux from soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 46, 129-135.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis* (15 ed.) Arlington, Virginia: 1117p.
- Barton, L., Kiese, R., Gatter, D., Butterbach, B., Bahl, K., Buck, R., Hinz, C., & Murphy, D. V. (2008). Nitrous oxide emissions from a cropped soil in a semi-arid climate. *Global Change Biology*, 14(1), 177-192.
- Bowden, C., J. Spargo, and G. Evanylo. 2007. “Mineralization and N Fertilizer Equivalent Value of Composts as Assessed by Tall Fescue (*Festuca arundinacea*).” *Compost Science & Utilization* 15(2):111-118.
- Cardoso, A.S., Junqueira, J.B., Reis, R.A., Ruggieri, A.C, 2019. How do greenhouse gases vary with biofertilizer type, soil temperature, and moisture, in a tropical grassland? *Pedosphere* 29, A-F
- Chen, H., Hou, H., Wang, X., Zhu, Y., Qaisar, S., Wang, Y., Cai, H. (2018). The effects of aeration and irrigation regimes on soil CO₂ and N₂O emissions in a greenhouse tomato production system. *Journal of Integrative Agriculture*, 17: 449–460. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61761-1
- Dalal R C, Allen D E, Livesley S J, Richards G. 2008. Magnitude and biophysical regulators of methane emission and consumption in the Australian agricultural, forest, and submerged landscapes: A review. *Plant Soil*. 309: 43.
- Fender AC, Pfeiffer B, Gansert D, Leuschner C, Daniel R, Jungkunst HF (2012) The inhibiting effect of nitrate fertilisation on methane uptake of a temperate forest soil is influenced by labile carbon. *Biol Fert Soils* 48:621-631.
- Grave, R. A., da Silveira Nicoloso, R., Cassol, P. C., da Silva, M. L. B., Mezzari, M. P., Aita, C., & Wuaden, C. R. (2018). Determining the effects of tillage and nitrogen sources on soil N₂O emission. *Soil and Tillage Research*, 175, 1-12.
- Gupta P K, Jha A K, Koul S, Sharma P, Pradhan V, Gupta V, Sharma C, Singh N. 2007. Methane and nitrous oxide emission from bovine manure management practices in India. *Environ Pollut* 146: 219-224.

- Hoefl, I., Steude, K., Wrage, N., Veldkamp, E., 2012. Response of nitrogen oxide emissions to grazer species and plant species composition in temperate agricultural pastureland. *Agriculture Ecosystems & Environment* 151, 34–43.
- Hou, Y., Velthof, G. L., Lesschen, J. P., Staritsky, I. G., & Oenema, O. (2016). Nutrient recovery and emissions of ammonia, nitrous oxide, and methane from animal manure in Europe: effects of manure treatment technologies. *Environmental science & technology*, 51(1), 375-383.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006. Guidelines for national greenhouse gas inventories. *Greenhouse Gas Inventory Reference Manual*, 4. Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: <http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.
- Krol DJ, Carolan R, Minet E, McGeough KL, Watson CJ, Forrester PJ. 2016. Improving and disaggregating N₂O emission factors for ruminant excreta on temperate pasture soils. *Science of the Total Environment* 568, 327-338.
- Lemaire, G.; Chapman, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford: CAB International, p3-36, 1996.
- Lessa, A.C.R., Madari, B.E., Paredes, D.S., Boddey, R.M., Urquiaga, S., Jantalia, C.P., Alves, B.J.R., 2014. Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103, 190–94.
- Mazzetto, A.M., Barneze, A.S., Feigl, B.J., Cerri, C.P.E., Cerri, C.C., 2016. Nitrogen fertilizer effects on N₂O emission from Southwest Brazilian Amazon Pastures. *Journal of Fertilizers & Pesticides* 7, 1-4.
- Mazzetto, A.M., Barneze, A.S., Feigl, B.J., Van Groenigen, J.W., Oenema, O., Cerri, C.C., 2014. Temperature and moisture affect methane and nitrous oxide emission from bovine manure patches in tropical conditions. *Soil Biology and Biochemistry* 76, 242–248.
- McRoberts, K. C., Parsons, D., Ketterings, Q. M., Hai, T. T., Quan, N. H., Ba, N. X., ... & Cherney, D. J. R. (2018). Urea and composted cattle manure affect forage yield and nutritive value in sandy soils of south-central Vietnam. *Grass and Forage Science*, 73(1), 132-145.

- Nakamura, T., Miranda, C.H.B., Ohwaki, Y., ValCio, J.C.R., Kim, Y. and Macedo, M.C.M. (2005). "Characterization of Nitrogen Utilization by Brachiaria Grasses in Brazilian Savannas (Cerrados)." *Soil Sci. Plant Nutr.* 61(7):973-979.
- Nicholson, F., Bhogal, A., Cardenas, L., Chadwick, D., Misselbrook, T., Rollett, A., Taylor, M., Thorman, R., & Williams, J. (2017). Nitrogen losses to the environment following food-based digestate and compost applications to agricultural land. *Environmental Pollution*, 228, 504-516.
- Orrico Junior, M.A.P.; Centurion, S.R.; Orrico, A.C.A.; Sunada, N.S. 2012. Effects of biofertilizer rates on the structural, morphogenetic and productive characteristics of Piatã grass. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41: 1378-1384.
- R.A., Ruggieri, A.C., 2017. N₂O emissions from urine-treated tropical soil: Effects of soil moisture and compaction, urine composition, and dung addition. *Catena*, 157, 325–332.
- Ryals, R., Eviner, V. T., Stein, C., Suding, K. N., & Silver, W. L. (2016). Grassland compost amendments increase plant production without changing plant communities. *Ecosphere*, 7(3), e01270.
- Saggar S, Tate K R, Giltrap D L, Singh J. 2008. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide and methane in new zealand terrestrial ecosystems and their mitigation options: A review. *Plant Soil*. 309: 25-42.
- Silveira, A. P., Orrico Junior, M. A. P., Orrico, A. C., Schwingel, A. W., Carnavali, P. L. & Alves, D. C. Use of Organic Compost for the Fertilization of Piatã and Paiaguás Grasses: Effects of Dose on Morphogenetic, Structural, Nutritional, and Productive Characteristics. DOI: 10.1080/1065657X.2018.1457998
- Sordi, A., Dieckow, J., Bayer, C., Albuquerque, M.A., Piva, J.T., Zanatta, J.A., Tomazi, M., da Rosa, C.M., de Moraes, A., 2013. Nitrous oxide emission factors for urine and dung patches in a subtropical Brazilian pastureland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 190, 94–103.
- Turetsky M R, Kotowska, A, Bubier, J, Dise, N B, Crill, P, Hornibrook, E R, Olefeldt, D. 2014. A synthesis of methane emissions from 71 northern, temperate, and subtropical wetlands. *Glob Chang Biol*. 20: 2183-2197.
- Van Groenigen, J.W., Velthof, G.L., van der Bolt, F.J.E., Vos, A. and Kuikman, P.J., 2005. Seasonal variation in N₂O emissions from urine patches: effects of urine concentration, soil compaction and dung. *Plant and Soil* 273, 15–27.

- Xie B, Zheng X, Zhou Z, Gu J, Zhu B, Chen X., Shi Y, Wang Y, Zhao Z, Liu C, Yao Z, Zhu J (2010) Effects of nitrogen fertilizer on CH₄ emission from rice fields: multi-site field observations. *Plant Soil* 326:393-401.
- Zanatta JA, Bayer C, Vieira FCB, Gomes J, Tomazi M (2010) Nitrous oxide and methane fluxes in South Brazilian Gleysol as affected by nitrogen fertilizers. *Rev Bras de Cien Solo* 34:1653-1665.

7 APÊNDICE

Table 1. Variation of temperature throughout the experiment in the greenhouse.

month/year	Temperature (°C)		
	Maximum	Minimum	Average
January/2017	35.5	16.0	25.7
February/2017	36.5	18.6	27.5
March/2017	36.6	17.4	27.0
April/2017	32.4	7.4	19.9
May/2017	33.2	11.9	22.5
June/2017	30.7	4.2	17.4
July/2017	32.4	0.3	16.3
Agust/2017	36.7	7.6	22.1
Setember/2017	37.6	14.5	26.0
October/2017	38.2	9.5	23.8
November/2017	36.2	14.0	25.1
December/2017	34.5	17.2	25.8
January/2018	34.9	17.9	26.4
February/2018	34.2	16.8	25.5

Tabela 2. Doses of the nitrogen fertilizers used in the experiment.

Doses	Urea	Compost	Biofertilizer
kg N ha ^{-1†}	400.00	400.00	400.00
kg fertilizer ha ⁻¹	909.00	18.77	173.91
g fertilizer vase ^{-1‡}	18.00	370.00	3430.00
g fertilizer vase ⁻¹ cut ⁻¹	1.80	37.00	343.00
† Hectare =	2000.000	dm ⁻³ ;	‡ vase = 40 dm ⁻³

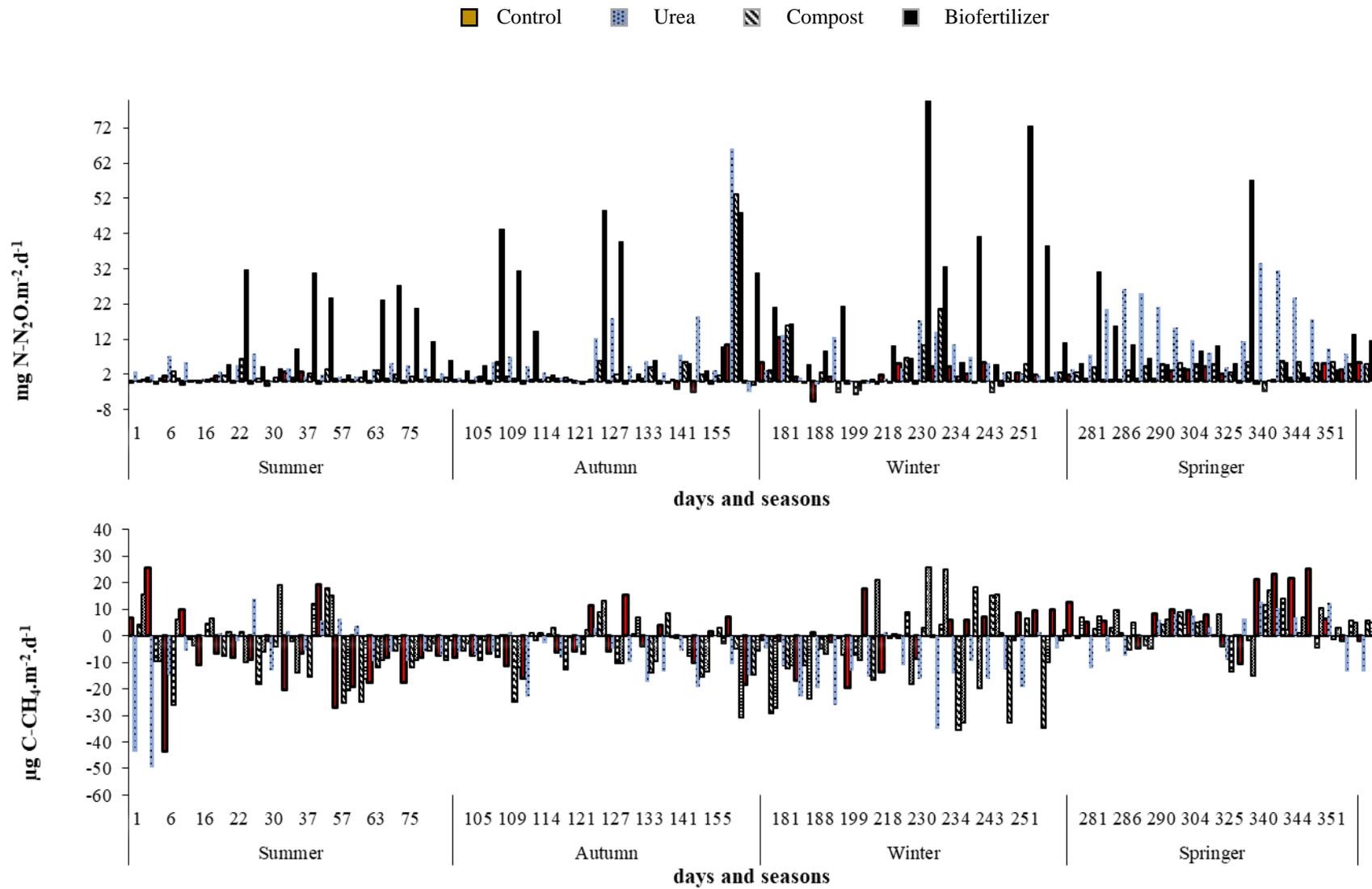


Figura 1. Fluxes of N_2O and CH_4 from soil cultivate with Piatã grass and fertilized with different types of fertilizer during different seasons.

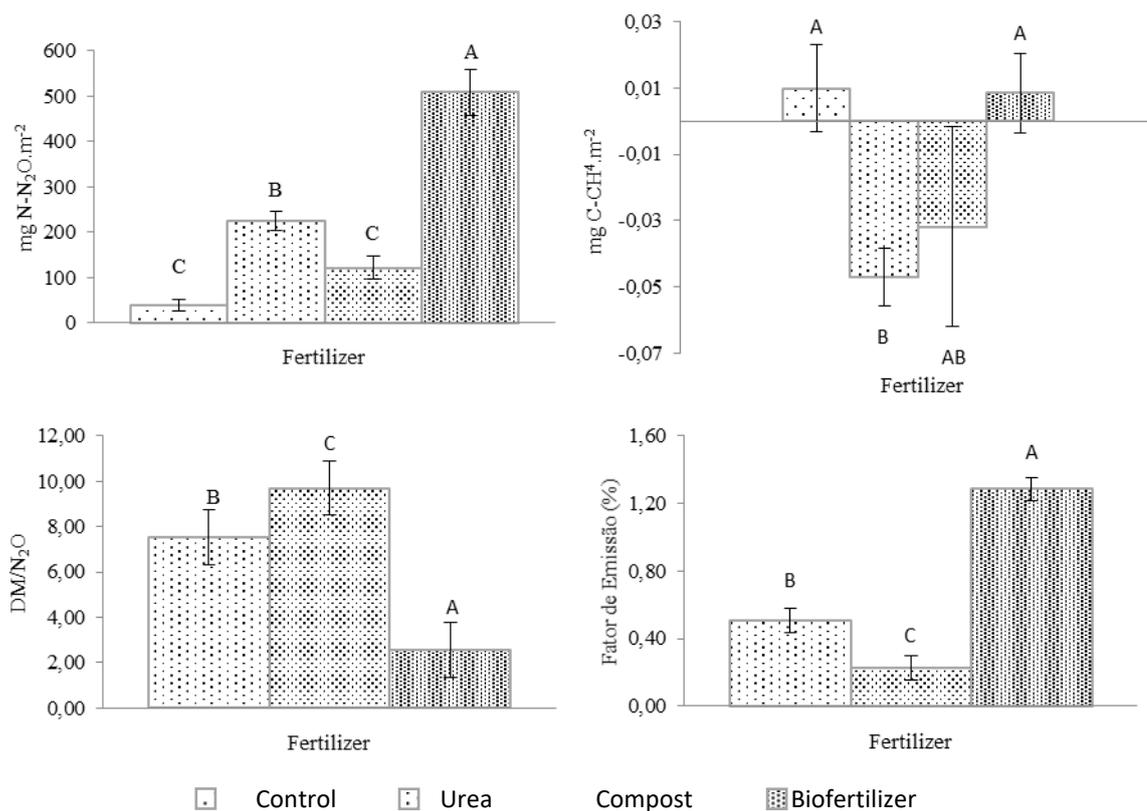


Figura 2 Cumulative N₂O and CH₄ emissions, fator de emissão e relação produção de MS/emissão de N₂O (kg de MS. mg de N₂O-1. m-2) from soil cultivate with Piatã grass and fertilized with different types of fertilizer during different seasons. Means with diferente uppercase letters differ by Tukey test (P <0.05).

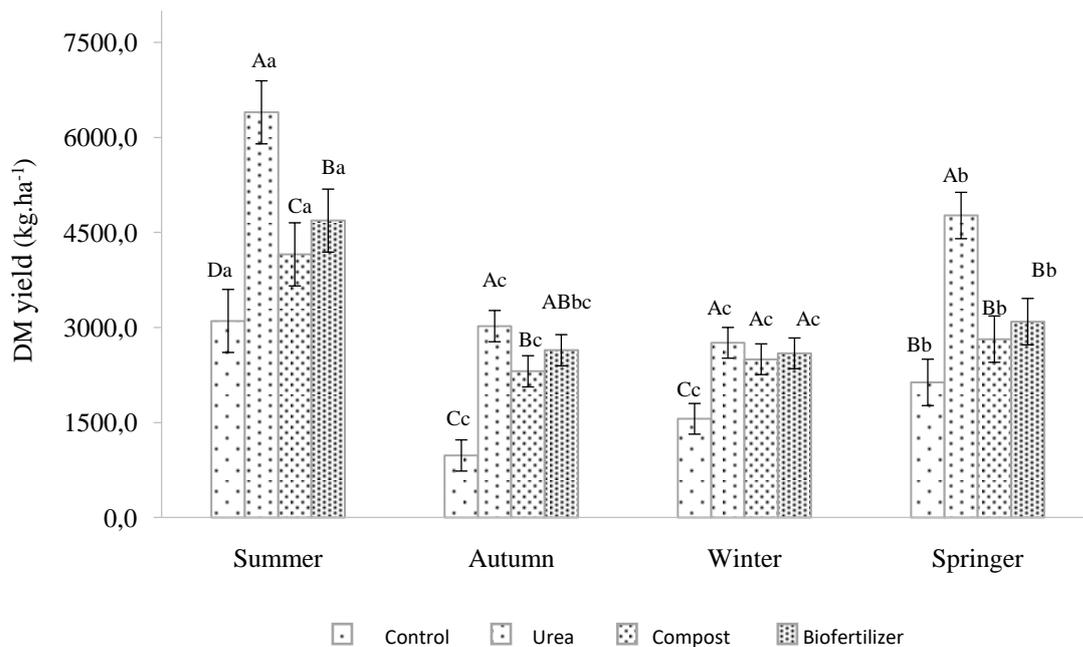


Figure 3. Dry matter production (DM) of Piatã grass fertilized with different types of fertilizer during different season. Effects of type of fertilizer ($P < 0.01$), season ($P < 0.01$), and interaction between type of fertilizer and season ($P < 0.01$) (SEM: 280.54). Means with different lowercase letters differ by Tukey test ($P < 0.05$) for season. Means with different uppercase letters differ by Tukey test ($P < 0.05$) for type of fertilizer.

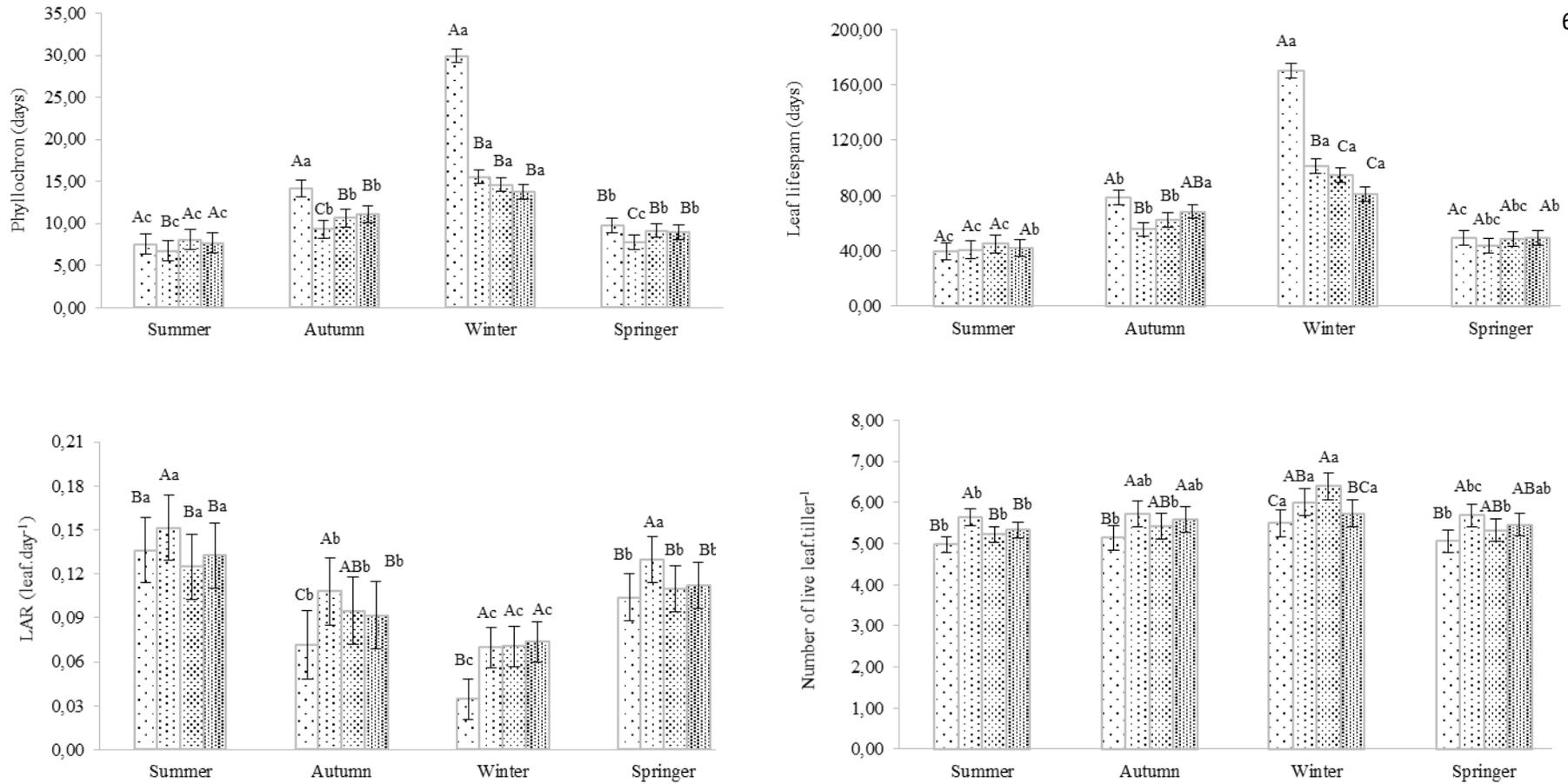


Figure 4. Phyllochron, leaf appearance rate (LAR), leaf lifespan and number of live leaf of Piatã grass fertilized with different types of fertilizer during different season. Phyllochron: effects of type of fertilizer ($P < 0.01$), season ($P < 0.01$), and interaction between type of fertilizer and season ($P < 0.01$) (SEM: 0.634). LAR: effects of type of fertilizer ($P < 0.01$), season ($P < 0.01$), and interaction between type of fertilizer and season ($P < 0.01$) (SEM: 0.003). Leaf lifespan: effects of type of fertilizer ($P < 0.01$), season ($P < 0.01$), and interaction between type of fertilizer and season ($P < 0.01$) (SEM: 3.548). Number of live leaf: effects of type of fertilizer ($P < 0.01$), season ($P < 0.01$), and interaction between type of fertilizer and season ($P = 0.03$) (SEM: 0.049). Means with different lowercase letters differ by Tukey test ($P < 0.05$) for season. Means with different uppercase letters differ by Tukey test ($P < 0.05$) for type of fertilizer.

Table 3. Morphogenetic and structural characteristics of Piatã grass fertilized with different types of fertilizer during different season.

Parameters	Fertilizer				Season				†Sem	P value		
	Control	Urea	Compost	Biofert‡	Summer	Autumn	Winter	Springer		F	S	F*S
Leaf elongation rate, $cm.day^{-1}$	2.49C	3.99A	3.43B	3.56B	4.81a	2.95c	1.84d	3.88b	0.135	**	**	ns
Senescence rate, $cm.day^{-1}$	0.03A	0.03A	0.03A	0.02A	0.01a	0.02a	0.02a	0.01a	0.004	ns	ns	ns
Stem elongation rate, $cm.day^{-1}$	0.44B	0.58A	0.54A	0.58A	0.78a	0.61c	0.05d	0.70b	0.031	**	**	ns
Final leaf length, cm	14.58B	18.98A	17.35A	18.46A	18.24a	17.16b	16.28b	18.24a	0.288	**	**	ns
Tillers, $number.vase^{-1}$	75.0D	112.0A	89.0C	101.0B	97.00a	91.00b	95.00ab	94.0ab	1.859	**	**	ns

†SEM = Standard Error Means; ‡Biofert = biofertilizer.

Means with different lowercase letters differ by Tukey test ($P < 0.05$) for season (S). Means with different uppercase letters differ by Tukey test ($P < 0.05$) for type of fertilizer (F).